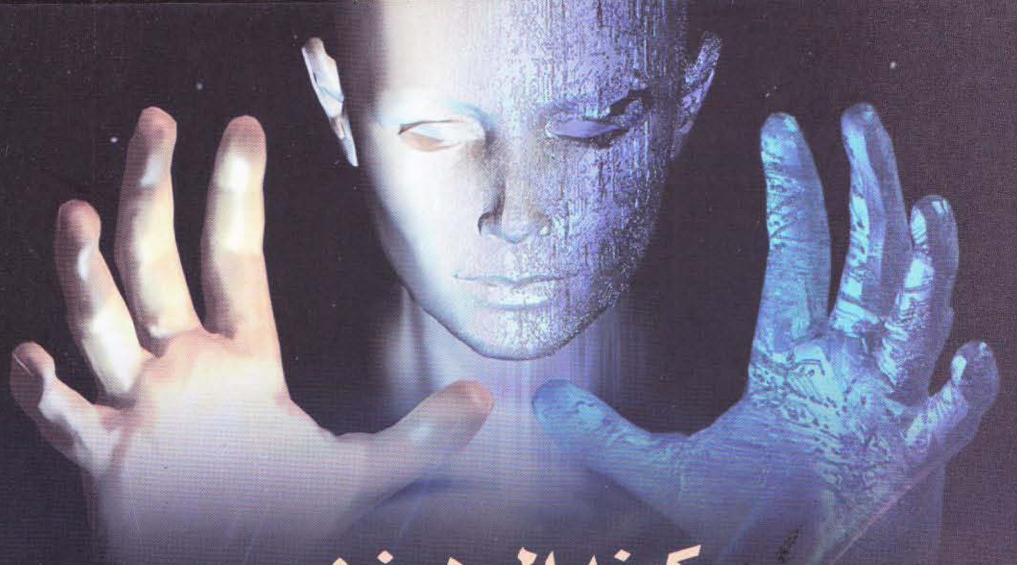


كيندال هيفن

قصة أعظم 100 اكتشاف علمي على مر الزمن

ترجمة
د. جكر عبد الله الريكاني

قصة أعظم
100 اكتشاف علمي
على مر الزمن

قصة أعظم 100 اكتشاف علمي على مر الزمن

تأليف: كيندال هيفن

ترجمة: د جكر عبد الله الريكاني

الطبعة الأولى: 2010

الناشر: دار الزمان للطباعة والنشر والتوزيع

دمشق - سوريا : ص.ب 5292

تلفاكس: 00963 11 5626009

موبايل: 00963 932 806808

E.mail: zeman005@yahoo.com

E.mail: zeman005@hotmial.com

الإخراج الداخلي: دار الزمان

تصميم الغلاف: م . جمال الأبطح

كيندال هيفن

قصة أعظم 100 اكتشاف علمي على مر الزمن

دار الزمان

المحتويات

مقدمة المترجم

لعل أول ما جذب انتباهي إلى هذا الكتاب، هو تقديمه لكمٍ هائل من المعلومات العلمية القيّمة في مجالات مختلفة (علوم الفيزياء والأرض والحياة) ضمن إطار أدبي قصصي ممتع وجذّاب. فهو يحسسك بمعايشة أحداث كل قصة من قصص الاكتشافات المائة التي صاغت تفاصيل حياتنا المعاصرة ودخلت في صميم يومياها وأحداثها، يسمح لك بالتعرف على شخوصها وأبطالها، والإطلاع على آرائهم ومواقفهم، وأحياناً آراء ومواقف غيرهم تجاههم. الأهم من كل ذلك، يريك مدى ما تحلّوا به من صبر وعزم ومثابرة على ما نَوَوا تحقيقه في مجالاتهم المختارة– دائماً، وقابليتهم على اغتنام الفرص ببصيرة متقدة وتدّبر مذهل صانعين صروحا من الإنجازات الهائلة من أشياء كانت تافهة وعديمة الجدوى بنظر غيرهم– أحياناً.

هكذا، يجد القارئ نفسه متوغلاً في ثنايا الكتاب بسهولة ويسر، متنقلاً من قصة اكتشاف لآخر بانسيابية وسلاسة، ولو لم يكن ذاك الحقل المتناول من اختصاصه أو لم يكن لديه سابق علم به.

الجانب الآخر الذي يضيف على قيمة هذا الكتاب وتميُّزه، هو ترتيب تناوله لهذه الثروة من المعلومات العلمية بشكل يُزيد من سهولة التعامل معها ويُكثر من الفائدة المرجوة منها. إذ يعرض لها بتسلسل زمني متناسق، مستهلا قصة كل اكتشاف بسنة الاكتشاف ونبذة مختصرة عن تعريفه وتعريف مكتشفه، ثم يُطلعك على سبب اختياره ضمن قائمة المائة العظمى من حيث حسمه لما سبق من معلومات خاطئة – و أحياناً أساطير– حول الموضوع المعني، أو إذهاله لعالمه الحاضر بمعلومات وحقائق غفل عنها الجميع، ومن ثم تأثيراته وتطبيقاته في عالمنا المعاصر.

بعدها يبدأ الكتاب بسرد قصة الاكتشاف مع التواريخ المرفقة والأحداث المتوالية والشخوص المعنيين بذاك الاكتشاف حتى تم البَت فيه بشكله النهائي المتعارف عليه اليوم، وذلك في نسق قصصي وتأريخي أخّاذ لا يخلو أحياناً من الطرافة والإمتاع. وفي نهاية كل موضوع، هنالك معلومة طريفة تَعرِض لحقيقة علمية غالباً ما تكون جديدة وضمن نسق مسلٍ جميل.

أما نهاية الكتاب، فتتضمن ثلاثة ملاحق، أولها جدول بترتيب الاكتشافات جميعاً حسب الحقول المعنية مع ذكر اسم المكتشف وتأريخ الاكتشاف، والثاني يتضمن قائمة أبجدية بأسماء العلماء الذين اُبرزوا في مناقشات الكتاب، كل مع اكتشافه والعام الذي شهد

حدوثه. أما الملحق الثالث، فيعتبر قائمة بأربعين اكتشافاً إضافياً مهماً ساهم تقريباً في بلورة قائمة المائة العظمى.

الشيء الآخر الملفت للانتباه أثناء قراءة هذا الكتاب، هو صوت الكاتب في سرده لمواضيع اكتشافاته وقصصها، إذ يحسسك الكاتب بمرافقته إياك في خوض ثنايا كتابه بما يبديه بين الحين والآخر من آراء ذاتية تنم عن شخصيته ومواقفه تجاه ما يتعامل معه من حقائق ووقائع- هذا من ناحية.

و من ناحية أخرى يجب ألّا ننسى بأن الكتاب ذاته مبني على انتقاء كاتبه لمائة من الاكتشافات العظمى على مر الزمن بمعاييره وأدواته السبعة التي ذكرها في المقدمة، والتي تنم عن كثير من الحساسية وحسن الانتقاء، ولكن يبقى ما ترتب عليها من اختيار لهذه الاكتشافات-ضمن آلاف من الاكتشافات التي زخر بها العلم في مسيرته عبر الزمن- معايير ذاتية وبالتالي نسبية في الأخير، وعليه يحق للقارئ-كما حق لي- أن يبدي أرائه الشخصية حولها ومن الممكن جداً أن يرى فيها ما يناقض أفكاره ومعتقداته الشخصية.

لكن هذا لا يفسد في الود قضية، بل يمكن أن يضيف على أهمية الكتاب ومتعته، من خلال إتاحته للقارئ أيضاً فرصة ومجالا للمشاركة والتفكير، وأحياناً المزايدة على أفكار أو آراء أو اختيارات معينة تناولها هذا الكتاب بين دفتيه.

من هذا المنطلق، تعمدت أن أضيف على النص الأصلي المترجَم هوامش من تأليفي وإعدادي كلما شعرت بضرورة ذلك. وهي نفسها الملاحظات التي دونتها بخط يدي على دفتر ملاحظاتي المرافق للنسخة الأصلية من الكتاب- كما تعودت أن أفعل مع أي كتاب آخر أتقدم بقراءته. أما الضرورة فكثيراً ما أتت عند بعض نقاط النص الأصلي التي ارتأيت أن أعلّق عليها، إما لكونها تحتوي على تعابير قد يستغلق على قارئ العربية فهمها باعتبارها تخص الثقافة الأجنبية، أو لأنني ابتغيت من وراءها زيادة في توضيح مصطلحات علمية أو نظريات أحسست أنها بحاجة إلى شرح أقرب للفهم والاستيعاب. وقد اعتمدت في ذلك على عدد من أمهات المراجع العلمية ، وكذلك مواقع الكترونية ذائعة الصيت ومشهودة الاعتماد والتوثيق.

لكن، في الأخير لست أنا ولا القارئ العزيز صاحب الأفكار المعتمدة في الكتاب أو الاختيارات المائة المنتقاة من بين الاكتشافات التي اكتظت بها أروقة العلم منذ بدء التاريخ وليوم الناس هذا، بل من شأن الكاتب وحده التمتع بهذا الحق، طالما تكفلّ هو بمشقة هذا العبء الثقيل ليقدمه لنا ضمن هذا النسق والترتيب.

د. جكر عبدالله

المقدمة

الاكتشاف! هذه الكلمة بالذات ترسل وخزات خفية تجعلك تنتفض مـن مكانـك، وتُسرع من نبضك. الاكتشافات هي لحظات الـ «آه، ها! فهمت!» والـ «يوريكـا! وجدتها!».

كل شخص يتوق إلى اكتشاف شيء ما- أي شيء! الاكتشاف هو العثور علـى أو مراقبة شيء ما جديد- شيء لم يُعرف ولم يُلاحظ من قبل. هو الانتباه لما كان هنالك دوماً ولكن غفل عنه الجميع سابقاً. هو الامتداد لمناطق تقبع في المجهول حيث لم يمسسها بـشر. فالاكتشافات تفتح آفاقاً جديدة، تمد ببصائر جديدة، وتخلق حظوظاً واسعة. وهـي تـدلل على تطور وتقدم الحضارات البشرية،و تتقدم بمعرفة الإنسان.

يسعى المحلفون بقاعة المحكمة لكشف الحقيقة، وعلـى غـرارهم يكتـشف علمـاء الأنثروبولوجيا أعمالاً صنعتها أنامل بشرية من حضارات وثقافات سـالفة. كمـا يحـاول الأشخاص الخاضعون للعلاج النفسي كشف ذاقم.

عندما نقول أن كولومبس «اكتشف» العالم الجديد، لا نقصد أنـه خلقـه، طـوَّره، صممه، أو ابتكره. لطالما كان العالم الجديد هناك، فقد عاش عليه سكانه الأصـليون لآلاف السنين قبل وصول كولومبس إليهم عام 1492م، وسبقوه في معرفة جزر الكاريبي بوقـت طويل دون أن يحتاجوا إلى أوربي ليكتشفها لهم بالتأكيد. ما فعله كولـومبس أنـه أحـاط المجتمعات الأوربية علماً بهذه القارة الجديدة. فقد كان أول أوربي يحدد موقع هذه الكتلـة الأرضية الجديدة ويضعها على الخريطة. هذا ما جعل من عمله اكتشافاً.

عادة ما لا تكون الاكتشافات متوقعة. فها هي فيرا روبن تكتـشف المـادة المعتمـة الكونية عام 1970م في حين لم تكن تقصد البحث عنها قط. في الحقيقة، لم تعِ بتواجد شيء كهذا حتى اثبت اكتشافها ذلك. بل وحتى اضطرت أن تبتكر له اسماً (المادة المعتمة) بعد أن اكتشفت تواجده.

يُبنى الاكتشاف أحياناً على عمل سابق اضطلع به علماء آخرون، ولكن ليس الأمـر كذلك في أغلب الأحايين. بعض الاكتشافات هي محصلة لسنين طوال من البحث تكبَّـدها العالم المكتشف. مرة أخرى، ليس هذا بالواقع في اكتشافات تضاهي نقائـضها عـدداً. إذ

عادة ما تأتي الاكتشافات فجأة وتمثل نقاط انطلاق لحقول جديدة من الدراسة أو نقاط تركيز جديدة على ما يتواجد من حقول علمية.

لم دراسة الاكتشافات؟ لأن الاكتشافات تخطط لاتجاه تطور الإنسان وتقدمه. اكتشافات اليوم ستصوغ عالم الغد، والاكتشافات المهمة تحدد الاتجاهات التي يأخذ العلم بها، ما يؤمن العلماء به، والكيفية التي تتغير بها نظرتنا للعالم على مر الزمن. فاكتشاف آينشتاين للنسبية عام 1905م غيّر فيزياء القرن العشرين تغييراً جذرياً من نوعه. إن الاكتشافات ترسم درب العلم وتقدمه كما تُظهر علامات جهاز الطافية مسلك قناة ملتوية عبر خليج مائي سطحي واسع.

عادة ما تمثل الاكتشافات أفكاراً ومفاهيم راديكالية جديدة. فهي تخلق، في الواقع، جميع حالات الهجران القطعي عما سبق من معرفة وحياة وتفكير. إن هذه الاكتشافات العلمية تضاهي في أهميتها لتطورنا أهمية التغيرات التطورية في الـ DNA الخاص بنا، والتي سمحت لنا بالتكيّف جسديا لبيئاتنا المتغيرة.

يصف هذا الكتاب باختصار أعظم مائة اكتشاف علمي على مر الزمن، تلك التي كان لها التأثير الأعظم على تطور علم الإنسان وتفكيره. دعوني أوضح المعنى بشكل أضبط:

الأعظم: «ذو الأهمية القصوى، أعلى بكثير في بعض من نوعية أو درجة الفهم» (قاموس كلية ويبستر الجديدة).

الاكتشاف: أول مرة يُرى فيها شيء ما، يُكشف عنه، يُدرك، أو يُعرف.

العلم: أي من الفروع المحددة للمعرفة العلمية (العلوم الفيزيائية، علوم الأرض، وعلوم الحياة) التي تشتق المعرفةَ عن النظامي من المراقبة والدراسة والتجريب.

مر الزمن: التاريخ المسَّجل (المدوَّن) للحضارات البشرية.

يصف هذا الكتاب،إذن، لعملية الكشف عن المعلومات العلمية الأساسية حول الاكتشافات العلمية المائة ذات الأهمية القصوى على مر التاريخ المسجل للبشر، وإدراكها بالتالي. فهي كبرى وأهم الاكتشافات من بين جميع الألوف من قريناتها العلمية. هذه هي الاكتشافات العلمية التي تمثل الجهود العظمى التي بذلها الأفضل والأذكى في عالم العلم.

هنالك مواضع عديدة من التطور البشري وأنواع عدة من الاكتشافات المهمة لم يتم تضمينها هنا- على سبيل المثال، الاكتشافات في الفن، التراث، الاستطلاع، الفلسفة،

المجتمع، التاريخ، والدين. كما واستُثنيت الاكتشافات العلمية التي لا يمكن إعزاؤها إلى عمل فرد واحد أو مجموعة صغيرة من المشتركين. فمسألة ارتفاع حرارة الكرة الأرضية، مثلاً، تعتبر بؤرة بحثية رئيسة في زماننا هذا، فقد يكون اكتشافها ضروريا لحياة ملايين –إن لم يكن بلايين– من البشر. على أية حال، لا يمكن منح شرف هذا الاكتشاف لأي شخص معين. ينتشر ثلاثون باحثا، على أقل تقدير، على امتداد خمسة وعشرين عاماً لكل منهم يد في صياغة هذا الاكتشاف العالمي. لهذا لم أدرجه ضمن قائمتي للاكتشافات المائة.

إنك بصدد اللقاء بالعديد من عمالقة العلم في هذا الكتاب. العديد– لكن بالتأكيد ليس الجميع. هناك العديد ممن ساهموا في التاريخ والتفكير العلمي مساهمة رئيسية دون أن يكتشفوا اكتشافاً محدداً واحداً يمكن تأهيله ضمن المائة العظمى. غاب العديد من أعظم مفكري ومكتشفي العالم لأن اكتشافاتهم لا تُصنف كاكتشافات علمية.

بصورتها الطبيعية، لا تُلتمس الاكتشافات أو تُصنع استجابة لاحتياجات عملية متواجدة، كما هي الاختراعات. فالاكتشافات هي التي توسّع بالمعرفة والفهم البشريين، وعادة ما يلزم العلماء عقوداً (إن لم يكن قروناً) لاستيعاب وتقدير اكتشافات تتضح لهم ضرورتها وأهميتها أخيراً. لعل خير مثال على ذلك هو اكتشاف غريغور مندل لمفهوم الوراثة. لا أحد ميّز أهمية هذا الاكتشاف لأكثر من خمسين عاماً– رغم أننا نعتبره الآن حجر الأساس لعلم الوراثة. أما نظرية آينشتاين في النسبية فقد عرفت لتوها اكتشافاً كبيراً، ولكن بعد قرن من هذا الاكتشاف لا زال العلماء يكافحون لفهم معناه وكيفية استعماله بينما نتذرع الفضاء أبعد فأبعد.

ليس هذا بالحال مع اختراع كبير. فعملية الاختراع تركّز على استحداث أجهزة ومنتجات عملية، والمخترعون يطبّقون الفهم والمعرفة لحل مشاكل متواجدة حرجة. إن للاختراعات العظيمة استعمالاً عملياً فورياً.

على النقيض من ذلك، فنظرية آينشتاين في النسبية، مثلاً، لم تأت بالجديد من المنتجات أو الممارسات أو المفاهيم التي تؤثر على حياتنا اليومية، كما لم يأت به اكتشاف كبلر للمدارات الإهليليجية للكواكب حول الشمس. ينطبق الأمر ذاته على اكتشاف ألفريد فيغنر بانجراف القارات. مع هذا، يمثل كل منها تقدماً عظيماً لا يمكن تعويض أهميته في إدراكنا لعالمنا وللكون من حولنا.

كانت لدي ثلاثة أغراض رئيسية في صياغة وتحرير هذا الكتاب:

1. لأقدم اكتشافات علمية أساسية وأُظهر تأثيرها على تفكيرنا وفهمنا.
2. لأقدم كل اكتشاف ضمن الكتلة الموحَّدة للتقدم والتطور العلمي المستمر.
3. لأبيّن عملية خوض الاستطلاع العلمي ضمن سياق هذه الاكتشافات.

إن من الممتع ملاحظة أن العلماء المقترنين بهذه الاكتشافات العلمية المائة العظمى يتقاسمون بينهم سمات وصفات أكثر قياساً بما يتقاسمه أولئك المقترنون بالاختراعات العلمية المائة العظمى (أنظر إلى كتابي الذي يحمل عنوان The 100 Greatest Science Inventions, Libraries Unlimited, 2005). فالعلماء المدرجون في هذا الكتاب – ممن حققوا اكتشافات علمية عظيمة– نبغوا عموما في الرياضيات أثناء دراستهم المدرسية ونالوا شهادات ودرجات متقدمة في العلوم أو الهندسة.

افتتنت هذه الزمرة بسحر الطبيعة والعالم من حولها، غمرها شغف قوي بمجالاتهما العلمية والعملية، كانت بالعادة محترفة من الأساس في حقولها عندما أتت باكتشافاتها المهيبة. تميل اكتشافات هؤلاء العلماء لأن تكون حصيلة لجهد مكرَّس ومبادرة خلاّقة. أمتعهم جانب ما من ميدانهم العلمي وعملوا بجد لساعات طوال من التفاني والإلهام. هؤلاء هم رجال ونساء مؤثرون يمكننا أن نتخذ منهم علماء نموذجيين محظوظين بفرصهم، ويمكن الاقتداء بهم في كيفية استغلالهم لهذه الفرص وتطبيقهم لمعايير الإخلاص والاجتهاد في حقولهم المختارة.

إنه من المثير للدهشة أيضاً اعتبار كم هي حديثة العديد من هذه الاكتشافات التي نعدها من المسلّمات بها ومن باب المعرفة العامة والبديهية . فانتشار قاع البحر اكتشف قبل خمسين عاماً فقط، تواجد مجرات أخرى قبل ثمانين عاماً فقط، وتواجد النيوترونات قبل سبعين عاماً لا أكثر. اكتشف العلم الطبيعة الحقيقة للديناصورات وسلوكها قبل ثلاثين عاماً وللاندماج النووي قبل خمسين عاماً فقط. كما أن لمفهوم النظام البيئي (الإيكوسيستم) عمرا لا يتعدى السبعين سنة، أي بعمر مفهوم الأيض الغذائي. مع كل هذا فإن كل واحد من هذه المفاهيم قد حاك بنفسه ضمن نسيج المعرفة العامة الشائعة لجميع الأمريكيين.

كان علي استحداث بعض المعايير لمفاضلة وترتيب الاكتشافات العلمية العديدة، حيث كان علي الاختيار من بين آلاف الاكتشافات حرفياً. هذه هي المعايير السبعة التي استعملتها:

1. هل يمثل هذا الاكتشاف تفكيراً جديداً بحق، أم مجرد تنقية وتحسين لمفهوم ما متواجد بالأساس؟

2. ما هو الحد الذي غيّر إليه هذا الاكتشاف التوجه والبحث العلمي وأعاد من تشكيلهما؟ هل غيّر هذا الاكتشاف من الطريقة التي ينظر بها العلم إلى العالم تغييراً جوهرياً؟ هل غيّر أو أعاد توجيه الطريقة التي يفكّر ويتصرف بها العلماء بشكل جذري؟

3. ما أهمية هذا الاكتشاف بالنسبة لتطور ذاك الحقل المعيَّن من العلم؟

4. هل لهذا الاكتشاف تأثيرات طويلة المدى على تطور الإنسان؟ هل تَرَشّح تأثيرها خلال تفاصيل حياتنا اليومية؟

5. هل يندرج هذا الاكتشاف ضمن حقل معروف من العلم؟ هل هو اكتشاف علمي؟

6. هل أمثل اتساع وتنوع الحقول والحقول الثانوية والاختصاصات العلمية العديدة على نحو كافٍ؟

7. هل يمكن أن يُعزى هذا الاكتشاف إلى شخص واحد بشكل صحيح وكذلك لحدث واحد أو جهد بحثي مطوَّل واحد؟

هناك العديد من الاكتشافات القيِّمة والعديد من العلماء القديرين نقصهم التقطيع النهائي لسيناريوهات ومجريات أعمالهم ليتم تمثيلهم هنا، لكنهم جميعاً جديرون بالدراسة والتصفيق. يمكنك أن تجد الاكتشافات التي تفضلها أنت وتبحث فيها وفي مساهماتها (أنظر إلى الملحق رقم 3 للحصول على مقترحات إضافية).

يتضمن العديد من المواد التي تم تناولها في هذا الكتاب اكتشافين اثنين نظراً لتوثق ارتباطهما، ولأن أياً منهما غير مؤهل ليكون ضمن قائمة المائة العظمى على حدة، ولكن إلحاقهما ببعض يضفي عليهما أهمية أعظم بكثير مما يوحي به تأثيرهما على انفراد.

تمتع بهذه القصص. تلذذ بحكمة وعظمة هذه الاكتشافات. ابحث عن تلك المفضلة لديك أنت، ثم ابحث فيها وشارك بخلق قصص الاكتشاف الخاصة بك!

العتلات و الطفو

Levers and Buoyancy

سنة الاكتشاف 260 ق.م

ما هذا الاكتشاف؟ المبدآن الأساسيان الاثنان لكامل علمي الفيزياء والهندسة

من المكتشف؟ أرخميدس Archimedes

لماذا يعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

إن مفهومي الطفو (يدفع الماء جسماً نحو الأعلى بقوة تساوي وزن الماء المزاح من قبل الجسم) والعتلات (القوة الكابسة على طرف من العتلة تخلق قوة رافعة على الطرف الآخر تتناسب وطولي جانبي العتلة) يشكلان الأساس للعلم الكمي والهندسة بأكملهما. فهما يمثلان أولى الإنجازات الخارقة للبشرية في فهم العلاقات والروابط المتواجدة في العالم الفيزيائي من حولنا وابتكار طرق رياضية لوصف الظواهر الفيزيائية للعالم. لقد اعتمدت أعداد لا حصر لها من التطورات الهندسية والعلمية على هذين الاكتشافين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام260 ق.م. درس أرخميدس Archimedes البالغ من العمر ستاً وعشرين سنة علمين معروفين – الفلك والهندسة– في سيراكوس بصقلية. في أحد الأيام جذب انتباه أرخميدس أربعة صبيان يلعبون على الشاطئ بلوح خشبي طاف. إذ قاموا بموازنة اللوح على صخرة بارتفاع الخاصرة، ثم امتطى أحد الصبيان إحدى نهايتي اللوح بينما قفز أصدقاؤه الثلاثة بقوة على النهاية الأخرى، فكانت النتيجة أن قُذف بالصبي الوحيد في الهواء.

زحلق الصبيان اللوح عن المركز على طول صخرتهم الموازِنة بحيث بقي ربع واحد فقط منه على الطرف القصير. صعد ثلاثة منهم على الطرف القصير العالي، ثم وثب رابعهم على الطرف الطويل المرتفع فحطمه وأسقطه على الرمل طارحاً بأصدقائه الثلاثة في الهواء.

استمتع أرخميدس بهذا المشهد الطريف، وعقد عزمه على فهم المبادئ التي سمحت بكل سهولة لوزن صغير (صبي واحد) برفع وزن كبير (ثلاثة صبيان).

استخدم أرخميدس شريطاً من الخشب وقوالب خشبية صغيرة لتشكيل الصبيان ولوحهم الخشبي الطافي، بينما صنع قالباً مثلث الشكل لتشكيل صخرتهم. أثناء موازنته لجاميع مختلفة من الأوزان على كلتا نهايتي العتلة lever (كلمة *lever* مشتقة عن اللاتينية

بمعنى «أن ترفع»)، أجرى أرخميدس قياساته وأدرك بأن العتلات كانت تخضع في عملها لإحدى تناسبات إقليدس. كان يجب على القوة (الوزن) التي تضغط على كل من طرفي العتلة نحو الأسفل أن تتناسب مع طول اللوح على طرفي نقطة التوازن كليهما. لقد اكتشف بذلك المفهوم الرياضي للعتلات، نظام الرفع الأكثر شيوعاً وأساسية يتم ابتكاره على الإطلاق.

بعدها بخمسة عشر عاماً، أي في عام 245 ق.م.، أمر أرخميدس من قِبل الملك هيرون King Hieron ليكتشف فيما لو أن صائغاً قد غشه أم لا. إذ كان الملك هيرون قد أعطى الصائغ وزناً من الذهب وطلب منه أن يصوغ له تاجاً من الذهب الخالص. رغم أن التاج كان يزن نفس وزن الذهب الأصلي تماماً، إلا أن الملك توقع بأن يكون الصائغ قد لف طبقة خفيفة من الذهب حول معدن آخر أبخس قيمة في الداخل. كان المطلوب من أرخميدس أن يكتشف فيما لو كان التاج من الذهب الخالص دون تحطيمه.

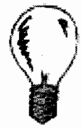
لقد بدت تلك مهمة مستحيلة من نوعها. على أية حال، بينما كان أرخميدس يستحم في حمام عام، لاحظ يده طافية على سطح الماء، وبدأت فكرة غامضة تتبلور في ذهنه. سحب بيده كاملة تحت السطح، ثم استرخى ثانية فرجعت يده تطفو من جديد.

نهض داخل الحوض، فانحسر مستوى الماء عن جوانب الحوض. جلس ثانية، ارتفع مستوى الماء من جديد.فعندما جلس، ارتفع الماء لمستوى أعلى وشعر بنفسه أخف وزناً، بينما انخفض مستوى الماء وشعر بنفسه أثقل وزناً لدى نهوضه. لا بد أن الماء كان يدفع بجسمه المغمور نحو الأعلى مما أضفى عليه شعوراً بالخفة.

حمل أرخميدس حجراً وقالباً من الخشب بنفس الحجم تقريباً وغمرهما في الماء. غاص الحجر ولكنه بدا أخف وزناً، في حين كان عليه أن يدفع بالخشب نحو الأسفل حتى يغمره. لقد دل ذلك على أن الماء كان يدفع الجسم نحو الأعلى بقوة تناسب كمية الماء المزاح من قِبل الجسم (حجم الجسم) وليس وزن الجسم. أما الثقل الذي بدا عليه الجسم في الماء فلا بد وكان متناسباً مع كثافة الجسم (مقدار ما وَزَنَت كل وحدة حجم منه).

أوحى هذا لأرخميدس بالإجابة على سؤال الملك. فرجع أدراجه إلى الملك محمَّلاً بمفتاح اللغز، الكثافة. لو كان التاج مصنوعاً من معدن ما آخر بدلاً عن الذهب، فإن بإمكانه أن يزن الوزن ذاته ولكنه سيمتلك كثافة مختلفة وسيحتل بالتالي حجماً مختلفاً.

غُمس بالتاج ووزن مكافئ من الذهب في قدر كبير من الماء، فأزاح التاج كمية أكثر من الماء، وبالتالي اتضح أنه مزيف. لكن الأهم من إظهار غش الصائغ بالنسبة لنا، أن أرخميدس قد اكتشف مبدأ الطفو والذي يقضي بأن الماء يدفع بالأجسام نحو الأعلى بقوة تساوي كمية الماء التي تزيحها هذه الأجسام.



حقائق طريفة: لدى اكتشافه لمفهوم الطفو، قفز أرخميدس من الحمام وصاح بالكلمات التي اشتهرت من بعده إلى الأبد: «Eureka!» «يوريكا!» بمعنى «وجدتها!». أصبحت هذه الكلمة شعاراً لولاية كاليفورنيا الأمريكية عندما صاح بها عمال المناجم الأوائل المهاجرون إلى هناك بحثاً عن الذهب، ووجدوه فعلاً.

الشمس مركز الكون

The Sun is the Center of the Universe

سنة الاكتشاف 1520م

ما هذا الاكتشاف؟ الشمس هي مركز الكون والأرض تدور حولها
من المكتشف؟ نيكولاوس كوبرنيكوس Nicholaus Copernicus

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لقد عُرف عن كوبرنيكوس قياساته ومراقباته للكواكب والنجوم. فقد اعتمد في ذلك على تجميع ومطاوعة ومقارنة مراقبات وملاحظات العديد من الفلكيين الذين سبقوه في هذا المضمار، متحدياً في الوقت نفسه فكرة قديمة عمرها ألفي سنة مؤداها أن الأرض ساكنة في مركز الكون وتدور في فلكها الشمس والكواكب والنجوم. يمثل عمله هذا نقطة انطلاق لفهمنا الحالي للكون من حولنا ولعلم الفلك الحديث.

و يرجع لكوبرنيكوس الفضل أيضاً كونه أول من اعتمد طريقة المراقبة العلمية كأساس لتطوير نظرية علمية (في حين كان يعتمد فيه أسلافه من العلماء على الفكر والمنطق لبناء نظرياتهم). فبهذا يعتبر كوبرنيكوس أول من أسس كلاً من علم الفلك الحديث ومبادئ الطرق العلمية الحديثة.

كيف جاء الاكتشاف؟

فور تخرجه من جامعة بولونيا بإيطاليا سنة 1499م، عُيِّن كوبرنيكوس كاهناً في الكنيسة الكاثوليكية وقَفَل راجعاً إلى بلده الأصلي بولندة ليعمل مع عمه الأسقف فاتزينرود Bishop Waczenrode بكاتدرائية فروينبيرغ، التي حظي فيها بالإقامة في الطابق العلوي حيث يمكنه مواصلة قياساته الفلكية.

كان الناس حينها لا يزالون يؤمنون بالنموذج الكوني الذي قدمه العالم الإغريقي بطليموس* Ptolemy قبل ما يزيد على 1500 عام، والذي قضى بجعل الأرض مركزاً

* بطليموس: هو كلاوديوس بطليموس **Claudius Ptolemaeus**، رياضي و جغرافي و فلكي و منجِّم من أصل هلليني، ولد في مصر قريباً من طابة و توفي في الإسكندرية حوالي العام **168**ق.م- المترجم.

ساكناً للكون، تدور في فلكها الشمس مع بقية الكواكب بمدارات دائرية عظيمة بينما كانت النجوم البعيدة جاثمة على الغلاف الكروي الجبار للكون. لكن القياسات الدقيقة لحركة الكواكب لم تطابق نموذج بطليموس قط!

هكذا، اضطر الفلكيون إلى تحوير نموذج بطليموس وذلك بإضافة حلقات أخرى ضمن الحلقات الأصلية – أو أفلاك تدويرية epi-circles– داعين بأن كل كوكب يسير على فلك حلقي صغير (فلك تدويري) يدور بدوره على الحلقة الفلكية الكبيرة لذاك الكوكب حول الأرض. قرناً بعد قرن، تراكمت أخطاء جديدة حتى في النموذج المحوَّر لبطليموس، حيث استمر العلماء في إضافتهم للأفلاك التدويرية الواحد تلو الآخر فصارت الكواكب تتحرك على أفلاك تدويرية ضمن أفلاك تدويرية أخرى.

هَمَّ كوبرنيكوس أن يستغل التطورات التقنية «الحديثة» التي شهدها القرن السادس عشر علّه يُحَسِّن على قياسات بطليموس وبالتالي يحذف بعض الأفلاك التدويرية المتداخلة، الأمر الذي دفعه إلى قياس مواقع الكواكب باجتهاد ومثابرة كل ليلة ولمدة تقارب العشرين عاماً. لكن جداول ملاحظاته لم تسعفه في مبتغاه.

و بمرور السنين، خَطَرَ لكوبرنيكوس التفكير بما يمكن أن تبدو عليه حركة كوكب ما فيما لو روقبت من على كوكب متحرك آخر. وعندما لاحظ أن قياساته الجديدة كانت أكثر دقة في توقع الحركات الحقيقة للكواكب، بدأ يفكر فيما هو أبعد من ذلك: كيف ستبدو حركة الكواكب فيما لو تحركت الأرض هذه المرة؟! ولم تمض فترة طويلة حتى بان المنطق في هذا الافتراض.

لقد ظهر كل كوكب بمسافات متباينة عن الأرض بتباين أوقات السنة. فأدرك كوبرنيكوس بأن هذا يعني أن الأرض لا يمكن أن تكون واقعة في مركز الأفلاك الدائرية لهذه الكواكب.

خلال عشرين سنة من المتابعة والمراقبة اتضح له أن الشمس هي الوحيدة التي لم تتباين في حجمها الظاهري على مر السنة، دلالة على ثبوت المسافة الفاصلة بينها وبين الأرض. فبينما لا يجدر بالأرض أن تكون بالمركز، فإن الشمس جديرة حقاً بذلك. وإمعاناً في الإيمان بهذه الفكرة الجديدة، شرع كوبرنيكوس لفوره بإعادة قياساته واضعاً الشمس في مركز الكون والأرض في فلك حولها. ولشد ما كانت دهشته عندما تمكن من التخلص من جميع الأفلاك التدويرية المتداخلة في حين كانت الكواكب المعروفة تتحرك ضمن أفلاك دائرية بسيطة حول الشمس!

و لكن بقي التحدي الأكبر: هل سيؤمن أحد بالنموذج الكوني الجديد لكوبرنيكوس؟ لقد آمن العالم أجمع – و خصوصاً الكنيسة الكاثوليكية المتنفذة بكون أرضي المركز. وهذا ما جعل كوبرنيكوس يحتفظ بسرية اكتشافه خلال حياته خوفاً من العقاب الكنسي، حتى تم الإفشاء به عام 1543م. وحتى في ذلك الحين، كان هذا الاكتشاف العظيم مبعثـاً لازدراء وسخرية الكنيسة والفلكيين والأوساط الجامعية. وصبر العالم ستين سنة أخرى ليعي صحة هذا الاكتشاف وذلك من خلال أعمال يوهانيس كبلر Johannes Kepler و مـن ثم غاليليو غاليلي Galileo Galilei.

حقـائق طريفـة: يمكن للشمس أن تحوي ما يقارب المليون من كواكب شبيهة الأرض بداخلها. لكن هذا يتغير ببطء، فحوالي 4,5 رطـل مـن ضوء الشمس يضرب الأرض كل ثانية.

التشريح البشري

Human Anatomy

سنة الاكتشاف 1543م

ما هذا الاكتشاف؟ أول دليل علمي دقيق للتشريح البشري
من المكتشف؟ أندرياس فازيليَس Andreas Vesalius

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لحين القرن السادس الميلادي، كان الأطباء يعتمدون على مصادر للتشريح البشري أُلِّفت معظمها على أساس تجارب على الحيوانات. لا عجب،إذن، أنها كانت تحتوي على كثير من الخرافات فتخطأ أكثر مما تصيب. كان فازيليَس أول من تناول تشريح الجسم الآدمي كمادة لدراسته، معتمداً على الوسائل العلمية المتمثلة بالتجارب الفسلجية وطريقة المعاينة المباشرة. فكانت شروحاته الأدق والأضبط عن تركيب وعمل أعضاء جسم الإنسان.

قوَّض عمل فازيليَس من ذلك الاعتماد الطويل الأمد على الآراء التي جاء بها العالم الإغريقي غالين Galen قبل ما يقارب 1500 عام، وشكَّل منعطفاً بارزاً في علم الطب. فللمرة الأولى حلت الحقيقة التشريحية الصادقة محل الحدس والتخمين كلبنة أساسية للعلوم والممارسات الطبية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد أندرياس فازيليَس Andreas Vesalius في مدينة بروكسل عام 1515م. ومنذ نعومة أظفاره، انكبَّ على دراسة جميع المراجع الطبية التي كانت تزدهر بها مكتبة والده باعتباره طبيباً مرموقاً يعمل في البلاط الملكي، مبدياً اهتماماً وفضولاً كبيرين حول فهم وظائف وميكانيكية عمل أعضاء جسم الكائنات الحية. وكان يهوى اصطياد الحيوانات الصغيرة ويقوم بتشريحها.

بعمر الثامنة عشرة، رحل فازيليَس إلى باريس لدراسة الطب. في حينها لم يكن تشريح الأجسام الحيوانية أو البشرية من الممارسات الشائعة في الطب، ولو توجَّب عمل تشريح لجسم ما، فكان يتم من خلال قيام الحلاق بعمليات قطع حقيقية بينما يشرح الأستاذ معلّقاً

عليها. كان الجزء الأعظم من التشريح البشري يُدرَّس بناء على رسومات ونصوص مترجمة عن الطبيب الإغريقي القديم غالين تعود إلى عام 50 ق.م.

سرعان ما ذاع صيت فازيليَس بأنه طالب حاذق وذكي ولكن متعجرف وكثير المجادلات. فخلال ثاني دروسه في التشريح، تناول السكين من يد الحلاق وأدهش الجميع بمهاراته اليدوية في القطع وظهر كشخص واسع المعرفة بالتشريح.

ما يزال طالباً في الطب، نظم فازيليَس ثورة خطيرة. إذ كان يحث بعضاً من رفاقه على نبش مقابر باريس للحصول على العظام والأجسام الآدمية الميتة. وتجرأ هو بنفسه على كلاب الحراسة الشرسة والروائح النتنة لهضبة مونافاكون بباريس (حيث كانت تُجمع جثث المجرمين بعد إعدامهم) وذلك طمعاً في الحصول على جثث طازجة لتشريحها ودراستها.

تخرج فازيليَس عام 1537 م وانتقل بعدها لجامعة بادوا بإيطاليا، حيث بدأ فيها سلسلة طويلة من المحاضرات تركزت على عمليات تشريح حقيقية وتجارب نسيجية آدمية. فتهافت الطلاب والأساتذة على محضراته تلك، مستمتعين بمهاراته العالية ومفاجآته المستمرة في شرح تراكيب جديدة عليهم كالعضلات والأوعية الدموية بل وحتى الأجزاء الرقيقة للدماغ البشري.

كلَّلَ فازيليَس عمله بمحاضرة ألقاها من على مسرح محتشد في بولونيا في كانون الثاني (يناير) من عام 1540م. وكغيره من الممارسين لمهنة الطب، دُرِّب فازيليَس على الإيمان بأفكار غالين والتي عارضت الكثير من الحقائق التي توصل إليها من خلال تجاربه. وكان هذا بالتأكيد مصدر مضايقة وإزعاج كبيرين له.

ففي هذه المحاضرة، أعلن فازيليَس أمام الملأ – وللمرة الأولى– رفضه لشروحات غالين في التشريح موضحاً أن وصفها للعظم المنحني للفخذ ومحاجر القلب والعظام المفصصة للقفص الصدري وغيرها كان ينطبق على تركيب أجسام القردة أكثر منها على أجسام البشر. فأفاض فازيليَس في تبيان أكثر من 200 فرق بين التشريح الحقيقي للجسم البشري وشروحات غالين السابقة وسط دهشة الجميع. كيف لا وأن فازيليَس يبرهن أن كل ما اعتمد عليه الأطباء والجراحون في أوربا كان ينطبق على القردة والكلاب والمواشي، وبأن كل ما أتى به غالين وكل كتاب طبي آخر من قبل كان باطلاً*!

* في عام **1543**م، قام فازيليَس بتشريح جثة أحد المجرمين أمام الملأ، و وهب الهيكل لجامعة بازل التي لا تزال تحتفظ به، ليكون بذلك أقدم مادة تشريحية في العالم– المترجم.

طاعناً المجتمع الطبي المحلي في صميم فهمه، انزوى فازيليَس لما يربو ثلاثة أعوام منهمكاً في وضع كتابه المفصل عن التشريح، معتمداً على فنانين أكفاء لرسم ما كان يشرّحه أمامهم من تراكيب بشرية كالعضلات والعظام والأوتار والأوعية الدموية والأعصاب والأعضاء الداخلية والدماغ.

أنهى فازيليَس كتابه الفخم عام 1543 م، وانصدم هو هذه المرة بتشكيك الأوساط الطبية له مفضلة تمسكها بآراء غالين كما اعتادت على ذلك دائماً. فأقدم فازيليَس على قرار خطير- أحرق بنفسه جميع ملاحظاته ودراساته وأقسم على عدم القيام بتشريح أجسام آدمية قط بعد ذلك! لحسن حظنا، كُتِبَت الحياة لكتابه المنشور ليصبح المرجع القياسي لعلم التشريح البشري لما يزيد عن 300 عام.

حقائق طريفة: متوسط وزن الدماغ هو ثلاثة أرطال ويحتوي على حوالي 100 بليون خلية عصبية تترابط بحوالي 500 تريليون تشجُّر! فلا تعاتب فازيليَس تعذره عن وصف الخلايا العصبية المنفردة.

قانون الأجسام الساقطة

The Law of Falling Objects

سنة الاكتشاف 1598م

ما هذا الاكتشاف؟ تسقط الأجسام بالسرعة ذاتها بغض النظر عن أوزانها

من المكتشف؟ غاليليو غاليلي Galileo Galilei

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يبدو هذا الاكتشاف بسيطاً وواضحاً، فالأجسام الثقيلة تفوق الخفيفة في بطء سرعة سقوطها. لماذا يُعد إذن من الاكتشافات العظمى؟ لأنه أنهى ممارسة العلم طبقاً للنظريات الإغريقية القديمة التي جاء بها كل من أرسطو* Aristotle وبطليموس وأرسى لقواعد العلم الحديث. فاكتشاف غاليليو هذا ألحق علم الفيزياء بعصر النهضة والعصر الحديث، وكذلك مهَّد لاكتشافات نيوتن في الجذب العام وقوانينه في الحركة. إنه يُعد بحق اللبنة الأساسية للحديث من علم الفيزياء والهندسة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كثيراً ما كان أستاذ الرياضيات بجامعة بيزا الايطالية صاحب الأربعِ والعشرين سنة، غاليليو غاليلي Galileo Galilei يراود كاتدرائية محلية كلما داعبت مخيلته فكرة أو مشكلة ما. فكان يقضي أوقات طويلة في التفكير جالساً تحت ضوء المصابيح المتدلية من سقف الكاتدرائية، والتي أصبحت نفسها فيما بعد مصدراً لتفكير غاليليو. ففي أحد أيام صيف سنة 1598 م، أدرك بأن هذه المصابيح تتحرك دائماً بالسرعة ذاتها!

قرر غاليليو حينها أن يقيس مدة استغراق كل دورة تأرجحٍ لأحد المصابيح معتمداً على نبضات شرايين عنقه. ثم قارنها بالزمن الدوري لمصباح أكبر، فوجدهما يتأرجحان بالسرعة ذاتها. من هنا استعان غاليليو بأحد الشبان القائمين على خدمة الكاتدرائية لإضاءة المصابيح الكبيرة والصغيرة وتحريكها معاً بقوة. وعلى مر أيام عديدة قاس غاليليو حركات

* أرسطو طاليس (384–322 ق.م): فيلسوف إغريقي كتب في مواضيع شتى، من ضمنها الفيزياء، الميتافيزيقيا، الشعر، المسرح، الموسيقى، المنطق، الخطابة، السياسة، الأخلاق، و الأحياء. يعتبر طالبا لأفلاطون **Plato** و احد أهم الفلاسفة الذين صاغوا الفكر العالمي و هيمنوا عليه لحين عصر النهضة الأوربية– المترجم.

المصابيح ولاحظ أنها تستغرق الوقت ذاته في إكمال دورة واحدة بغض النظر عن حجمها أو كبر قوس حركتها.

المصابيح الثقيلة، إذن، تتحرك بذات سرعة حركة المصابيح الأخف في تكملة دوراتها. كان ذلك أمراً أمتع غاليليو. كيف لا وأنه يخالف فكرة محورية حول فهم العالم عمرها زهاء الألفي سنة!

وقف غاليليو في صفه بجامعة بيزا، ممسكاً بطوبة واحدة في إحدى يديه وطوبتين ملتحمتين باليد الأخرى وكأنه يزنها ويقارن بينها: «أيها السادة، لقد كنت أراقب البندولات وهي تتأرجح للأمام والخلف، ولقد توصلت إلى نتيجة. أرسطو على خطأ».

تلهث جميع الطلاب قائلين: «أرسطو؟ مخطأ؟!» فمن المفاهيم الأولية التي كان الطالب المبتدئ يتعلمها أن كتابات الفيلسوف الإغريقي القديم أرسطو طاليس هي أساس العلم، ومن ضمن نظرياته هذه أن الأجسام الثقيلة تسقط بسرعة أكبر لأنها ببساطة تزن أكثر.

اعتلى غاليليو مقعده ووضع الطوبتين بمستوى النظر ثم أسقطهما. يا للدهشة! لقد وصلتا الأرض بالوقت ذاته. «هل لامست الطوبة الثقيلة الأرض أولاً؟» سأل. هز طلابه برؤوسهم «كلا، لقد وصلتا في آن واحد».

«أكرر!» صاح غاليليو. تسمر طلابه في مكانهم هذه المرة وهم يرون أستاذهم يعيد تجربته. «هل لامست الطوبة الثقيلة الأرض أولاً؟» سأل غاليليو مجدداً. «كلا، لقد وصلتا أيضاً في الوقت ذاته». «أرسطو مخطأ إذن!». وقع حكم الأستاذ كالصاعقة على طلابه المصدومين.

أحْجمَ العالم عن الإذعان لحقيقة غاليليو. فها هو صديقه وتلميذه الرياضي أوستيليو ريشي Ostilio Ricci يقول: «لقد وصلت هذه الطوبة الملتحمة الأرض بنفس وقت وصول الطوبة المنفردة تلك. لكن لا أزال أؤمن بأن أرسطو ليس مخطئاً تماماً، إذ لا بد من إيجاد تفسير آخر».

قرر غاليليو أنه بحاجة إلى تحشد شعبي أكبر لإجراء تجربته بشكل أكثر قطعية وفاعلية. فيُعتقد أنه قام بإسقاط قذيفتين مدفعيتين تزن إحداهما عشرة أرطال والأخرى رطلاً واحداً من علو 191 قدماً من على قمة برج بيزا المائل. سواء أحدث ذلك أم لا، فإن الاكتشاف العلمي قد تحقق!



حقائق طريفة: بمناسبة الحديث عن الأجسام الساقطة من علو، فإن أعلى سرعة مُسجلة لامرأة في سباق القفز بالمظلة هي 432,12 كم بالساعة (268,5 ميل بالساعة). وقد حققت هذه السرعة القياسية المتسابقة الإيطالية المتهورة لوشيا بوتاري Locia Bottari في سويسرا وذلك يوم 16 أيلول (سبتمبر) 2002م، خلال مسابقة كأس العالم السنوية للقفز بالمظلة.

حركة الكواكب

Planetary Motion

سنة الاكتشاف 1609م

ما هذا الاكتشاف؟ لا تدور الكواكب حول الشمس بمدارات دائرية، بل إهليليجية
من المكتشف؟ يوهانيس كبلر Johannes Kepler

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

حتى بعد تبسيطه وتصحيحه نموذج تركيب النظام الشمسي باكتشافه أن الشمس- لا الأرض، هي مركزه، افترض كوبرنيكوس (أسوة بمن سبقه من الفلكيين) أن الكواكب تدور حول الشمس بمدارات دائرية تماماً. وعليه ظلت الأخطاء تتوالى على قياسات تحديد مواقع الكواكب.

بخلاف غيره، قدَّم كبلر لمفهوم الإهليليجية ellipse باكتشافه أن الكواكب تدور في أفلاك إهليليجية قليلاً. وهكذا تمكن العلم من تقديم صور دقيقة لموقع وميكانيكا النظام الشمسي. يكفي كبلر فخراً أنه وبعد 400 سنة من التطورات العلمية الواسعة، فإن تصويرنا لحركة الكواكب هو ذاته الذي جاء به كبلر، وعلى الأرجح سيبقى كذلك إلى الأبد.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

لما يقارب الألفي سنة، وضع العلماء الأرض في مركز الكون مفترضين أن جميع الأجرام السماوية تدور حولها بمدارات دائرية تماماً. لكن التوقعات والقياسات المبنية على هذا النظام كانت تتعارض دائماً مع القياسات الحقيقية، مما حدا بالعلماء إلى اختراع مفهوم الأفلاك التدويرية – على شكل دوائر صغيرة تدور حولها الكواكب، بينما تدور هي الأخرى حول المدارات الدائرية العظيمة لكل كوكب. ولكن ظلت الأخطاء تعاند العلماء، الذين استمروا من جانبهم بإضافة الأفلاك التدويرية الواحدة فوق الأخرى.

و أخيراً جاء الفرج على يد كوبرنيكوس الذي وضع الشمس في مركز النظام الشمسي، ولكنه استمر بافتراض أن الكواكب تدور في أفلاك مكتملة الدائرية. ففي وقت تم فيه رفع معظم المدارات الثانوية، استمرت الأخطاء في التخطيط الكوكبي بتراكمها.

ولد يوهانيس كِبلر Johannes Kepler في جنوب ألمانيا عـام 1571م- أي 28 عاماً بعد إطلاق كوبرنيكوس لنظريته، ونشأ نشأة صعبة، فقد أُحرقت خالته حيـةً بتهمـة السحر، وسرعان ما تلتها أمه. عاش الصبي كبلر طفولة عليلة وعانى ضعفاً في النظر فشلت المناظر الطبية في تصحيحه. رغم أنها الأخرى لم تخل من مشاكل، إلا أن كبلر حظي بدراسة جامعية متفوقة.

تقلّد كبلر عام 1597م منصب مساعدٍ لعالم الفلك الألمـاني الـشهير تـايكو بـرا Tycho Brahe، والذي كان حينها يقوم بقياس مواقع الكواكب (و خصوصاً المـريخ) بأدق من كافة أقرانه الأوربيين. وبعد وفاته عام 1601م، ترك تايكو لمساعده الشاب ميراثاً قيّماً من الملاحظات والجداول المتعلقة بدراسات الكواكب.

رفض كبلر نموذج المدارات المتداخلة للكواكب وقرر تصميم مدار للمريخ يتوافق مع بيانات تايكو. لقد كان لا يزال خطراً القول بمركزية الشمس. فقد أفزع العلماءَ المـصيرُ الذي آل إليه العالم فريار جيوردانو برونو Friar Giordano Bruno الذي أُحرق حياً من قِبل الكنيسة الكاثوليكية جزاء اعتناقه لأفكار كوبرنيكوس. وفي وقت لم يجرؤ فيه أحد من العلماء على دعم هذه الفكرة الراديكالية، أصرَّ كبلر على اعتماد نموذج كوبرنيكوس وبيانات تايكو في دراسته للكواكب.

عبثاً حاول كبلر العديد من التجارب والطرق الرياضية، فقد باءت جميعـاً بالفـشل. وحالَ ضعف بصره دون إتيانه بملاحظات فلكية خاصة به، فاضطر أن يعتمد تمامـاً علـى قياسات سلفه العالم تايكو. في عز إحباطه ذاك، توصل كبلر إلى فكرة لم تكن لتخطر علـى البال: المدارات الكوكبية ليست دائرية تماماً! إن هذا هو التفسير الوحيد لقراءات تـايكو لكوكب المريخ.

لاحظ كبلر بأن افتراض مدارات إهليليجية (دوائر متطاولة) يتطابق بشكل أضبط مع الحركة الكوكبية المقاسة من قِبل تايكو. فأصبحت المدارات الإهليليجية تلك أول قـانون لكبلر. ثم تبعه بقانون ثانٍ مؤداه أن سرعة دوران كل كوكب تتغير طبقـاً لبعـده عـن الشمس. فكلما كان الكوكب أقرب،كلما كانت السرعة أكبر.

نشر كبلر اكتشافاته عام 1607 م، تلاه بثمانية عشر عاماً من الحساب لجداول مفصلة عن حركة الكواكب الستة المعروفة وقتذاك. وكان هـذا أول تطبيـق عملـي لجـداول

اللوغاريتم التي سبق أن اكتشفها الاسكتلندي جون نابيير John Napier* خـــلال أولى سني عمل كبلر. وبجداول الحساب هذه (و التي تطابقت تماماً مع حسابات تحديد مواقـــع الكواكب) أثبت كبلر اكتشافه للحركة الحقيقية للكواكب.

حقائق طريفة: دُعي بلوتو الكوكب التاسع لمـــدة 75 عامـــاً، منـــذ اكتشافه عام 1930م**. إن مدار بلوتو هو الأقل دائريـــة (أي الأكثـــر إهليليجية)، قياساً بجميع الكواكب الأخرى. فأبعد نقطة منه هي علـــى مسافة 7,4 بليون كم عن الشمس، بينما تبعد أقرب نقطة منه 4,34 كم فقط. وعنـــدما يكون بلوتو عند أقرب نقطة، فان مداره ينسل داخل مدار كوكب نبتون. لمدة 20 سنة من كل 248، يقترب بلوتو من الشمس أكثر من نبتون - وهو ما حصل تماماً خلال أعـــوام 1979-1999م. إذن، خلال هذه الفترة كان بلوتو الكوكب الثامن وليس التاسع***!

---

* جون نابيير (**1550-1617م**): رياضي و فيزيائي و فلكي و منجِّم اسكتلندي، اخترع اللوغاريتمـــات وعداداً حسابياً عرف باسمه، كما و روَّج لاستخدام الفاصلة العشرية- المترجم.

** اكتشفه الفلكي الأمريكي كلايد تومباو **Clyde Tombaugh** (**1906-1997م**)- المترجم.

*** لم يعد بلوتو كوكباً منذ عام **2006م**، بل كوكباً قزماً و عضواً أكبر في مجموعة تعرف بحزام كويبر **Kuiper belt**. جاء ذلك عقب تعريف الاتحاد الفلكي الدولي **IAU** للكوكب، إذ هو جسم سماوي **1**- له مدار حول الشمس **2**- وله كتلة كبيرة كافية لكي تتغلب قوة جذبه الخاصة على القوى الجسمية الأخرى بحيث تتخذ شكلاً هيدروستاتيكياً متوازناً (شبه كروي) **3**- وقد حرر الجوار المحيط به على مداره بحيث لا يتقاطع مداره حول الشمس مع أي جرم آخر.

وقد فشل بلوتو في الإيفاء بالشرط الثالث، حيث تفوق كتلته كتلة الأجرام الواقعة في مداره **0,07** مرة فقط (بينما تفوق كتلة الأرض الكتلة المتبقية في مدارها الخاص بـــ**1,7** مليون مرة)- المترجم.

أقمار المشتري

Jupiter Moons

سنة الاكتشاف 1610م

ما هذا الاكتشاف؟ تملك كواكب أخرى (عدا الأرض) أقماراً خاصة بها

من المكتشف؟ غاليليو غاليلي Galileo Galilei

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

اكتشف غاليليو بأن للكواكب الأخرى أقمارها، وبذلك ساهم في توسيع الإدراك البشري خارج نطاق كوكبنا الأم، كما وساهم استعماله الدقيق للتلسكوبات التي صنعها على إرساء الأسس الأولى لعلم الفلك الحديث. لقد كانت اكتشافاته الأولى فلكياً من حيث استعمال التلسكوب.

أثبت غاليليو بأن الأرض ليست كوكباً فريداً في الكون. فقد حوَّل بقعاً ضوئية ترَّصع سماء الليل إلى أجسام كروية خلاّبة – إلى أماكن حقيقة وليس مجرد نقط ضئيلة مضيئة. وبهذا أكد صحة الفلكي البولندي نيكولاس كوبرنيكوس في دعواه بمركزية الشمس.

بتلسكوبه البسيط، وضع غاليليو لوحده النظام الشمسي والمجرات وباقي الكون الفسيح ضمن متناول أيدينا، حيث كان تلسكوبه كفيلاً بفتح آفاق ومعارف جديدة لم تكن موجودة من قبل، ولولاه لم تكن لتتواجد قط.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان هذا اكتشافاً تمخض عن اختراع – ألا وهو التلسكوب. استعمل غاليليو تلسكوبه أول استعمال أواخر عام 1608م وأيقن لفوره بأن تلسكوباً أكثر تطوراً سيكون بمثابة نعمة تُسبَغ على أي فلكي. بأواخر عام 1609م، قدَّم لتلسكوب جديد ذو قوة تكبيرية تساوي 40 ضعفاً ومزوَّد بعدستين اثنتين، ليكون بذلك أول تلسكوب يُستعمل للأغراض العلمية.

بحث مثير نشره يوهانيس كبلر يشرح فيه مدارات الكواكب كان كفيلاً بإقناع غاليليو بصحة نظرية الفلكي البولندي نيكولاس كوبرنيكوس والتي دعا فيها بأن الشمس، لا الأرض، مركز للنظام الشمسي. إلا أن الإعلان بهذه النظرية كان أمراً خطراً للغاية،

فالعقوبة كانت الحرق حياً كما حصل للعالم فريار جياردونو برونو. هنا قرر غاليليو إثبات صحة نظرية كوبرنيكوس باعتماد مخططات أدق لحركات الكواكب.

كان القمر أول فريسة لتلسكوب غاليليو، فبدت رؤية الجبال والوديان واضحة على سطحه. كما شاهد فوهات بركانية عميقة ذات حواف طويلة مسننة كمدْية الخنجر. لقد كان هذا القمر مختلفاً تماماً عن القمر الأملس الذي وصّفه أرسطو وبطليموس (الفلكيان الإغريقيان اللذان كانت آرائهما لا تزال تشكل جميع أسس العلم المعروفة عام 1610م، وحظيت بإيمان الكنيسة الكاثوليكية المتنفذة وجل علماء أوربا آنذاك)

بليلة واحدة من مراقبة سطح القمر خلال تلسكوبه، أثبت غاليليو – من جديد– بأن أرسطو كان مخطئاً. ولكنه تذكر جيداً بأن آخر تحدٍ له لأفكار أرسطو كان قد كلّفه منصبه التدريسي وذلك عندما ثبتت صحة دعواه بأن الأجسام تسقط جميعاً بالسرعة ذاتها بغض النظر عن أوزانها.

حوَّل غاليليو تلسكوبه الآن إلى المشتري، أكبر الكواكب، وعمل على دراسة حركته بدقة على مر بضعة أشهر. من خلال تلسكوبه (telescope هي كلمة إغريقية تجمع بين كلمتي البعد والنظر)، شاهد غاليليو صورة مكبَّرة عن السموات فتفتحت عيناه على مناظر لم تسبق لعين بشرية أن رأتها قط من قبل. فها هو الآن يرى المشتري بوضوح، ويا للدهشة! كانت هنالك أقماراً تحيط بالكوكب العملاق.

بينما اعتقد أرسطو (و تلاه جميع العلماء) بأن كوكب الأرض متفرد بامتلاك القمر، استطاع غاليليو أن يكتشف أربعة من أقمار المشتري في غضون أيام، لتكون أولى الأقمار المُكتشفة إضافة إلى قمرنا نفسه، ولتثبت بأن أرسطو مخطأً من جديد.

الأفكار القديمة لا تموت بسهولة أبداً. ففي سنة 1616م، حرَّم مجلس الكاردينالات غاليليو من بث أو تطوير أفكار كوبرنيكوس، في حين رفض العديد من رهبان الكنيسة النظر من خلال التلسكوب، مُدَّعين بأنه كان عبارة عن خدعة سحرية وبأن الأقمار كانت مجرد أجسام متلألئة ضمن التلسكوب نفسه.

بتجاهل غاليليو لهذه المحاذير، استُقدم إلى روما للمثول أمام محكمة التفتيش الكنسية، تلته محاكمة مُجْهدة أُدين فيها وأُجبر على التبرؤ علنا من أفكاره ونظرياته، ثم حُبس في منزله لحين وفاته عام 1640م. لم يسمع رهين المحبس غاليليو طيلة ما تبقى من حياته سوى

صدى صوته الكسير وهو يؤكد على صحة اكتشافاته دون جدوى. أما الكنيسة فلم تدحض إدانتها لغاليليو واكتشافاته العظيمة إلا في تشرين الأول (أكتوبر) من عام 1992م ، أي بعد 376 عاماً من إصدارها بحقه عن ظلم وإجحاف*.

حقائق طريفة: كان غاليليو ليتعجب لو عرف بأن المشتري يشبه النجم في تركيبه. فلو كان أكبر بحوالي 80 ضعفاً، لكان أُعتبر نجماً وليس كوكباً.

---

* في وقت دحضت فيه الكنيسة إدانتها لغاليلو، إلا أنها لا تزال مترددة في رد الاعتبار إلى جياردونو برونو الذي أحرقته حياً في روما يوم 17 شباط (فبراير) 1600م بتهمة الهرطقة – المترجم.

جهاز الدوران البشري

Human Circulatory System

سنة الاكتشاف 1628م

ما هذا الاكتشاف؟ أول فهم متكامل للكيفية التي تشكل بها الشرايين والأوردة والقلب والرئتين جهازاً دورانياً تاماً واحداً

من المكتشف؟ وليام هارفي William Harvey

لماذا يُعدُ هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يمثل الجهاز الدوراني لجسم الإنسان التعريف الفعلي للحياة، إذ لا يضاهيه جهاز آخر في أهميته لتواجدنا، ومع هذا بقي طي الكتمان لغاية 400 سنة مضت. أجزم الكثيرون بأن ما ينبض داخل الصدر كان صوت الضمير وهو يصيح داخل جسم صاحبه، وقد ساد اعتقاد بأن الدم يُصنع في الكبد ويُستهلك من قِبل العضلات. كما آمن الكثيرون بأن الشرايين كانت مملوءة بالهواء.

اكتشف وليام هارفي الوظيفة الحقيقية لهذه العناصر الأساسية للجهاز الدوراني (القلب، الرئتين، الشرايين،والأوردة) ورسم أول مخطط كامل ودقيق لجهاز الدوران لدى الإنسان. وكان أول من اعتمد الطرق العلمية في الدراسات البيولوجية، فاقتدى به جميع العلماء بعد ذلك. يُعد كتاب هارفي الذي أصدره سنة 1628 م بداية لعلم الفسلجة الحديث.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان الأطباء في القرن السادس عشر لا يزالون يعتمدون على الكتابات القديمة للطبيب الإغريقي غالين Galen التي كتبها قبل ما يقارب 1500 سنة من ذلك الزمان، ومن ضمن ما جاء فيها أن الطعام يتحول إلى دم في الكبد لِيُستخدم بعد ذلك كمصدر للطاقة في الجسم. وكانت الغالبية العظمى تؤيد أن الدم الذي يجري في الشرايين لا علاقة له بالدم الذي يجري في الأوردة.

ولد وليام هارفي William Harvey في إنجلترا سنة 1578 م، ودرس الطب في جامعة أُكسفورد، ثم حظي بعد ذلك بدعوة للدراسة في جامعة بادوا بإيطاليا، حيث كانت تعتبر آنذاك عاصمة الطِبابة الأوربية.

لما عاد هارفي أدراجه إلى وطنه الأم سنة 1602 م، تزوج ابنة الطبيب الشخصي للملكة إليزابيث ثم عُيِّن طبيباً في بلاط الملك جيمس الأول، فطبيبا شخصيا للملك تشارلز الأول سنة 1618م.

خلال عمله في البلاط الملكي، إهتم هارفي بدراسة الشرايين والأوردة. فأجرى تجارب واسعة النطاق على الحيوانات والجثث الآدمية، توصل من خلالها إلى اكتشاف الصمامات الوريدية. لم يكن هارفي، بطبيعة الحال، أول من يكتشف الصمامات الوريدية، ولكنه كان بالتأكيد أول من اكتشف وظيفتها في توجيه الدم باتجاه القلب فقط، مانعة رجوعه بالاتجاه المعاكس.

أجرى هارفي سلسلة من التجارب على الحيوانات قام من خلالها بإحكام ربط شريان أو وريد ما على حدة ومن ثم سوية ليستطلع ما يحدث لجريان الدم خلال فترة الربط وبعد فكه على التوالي. أثبتت هذه التجارب بأن الشرايين والأوردة في ارتباط مباشر ضمن دورة مغلقة يجري من خلالها الدم من الشرايين إلى الأوردة.

حوّل هارفي اهتمامه إلى القلب بعد ذلك وسرعان ما أدرك بأن القلب يمتلك وظيفة عضلية يضخ من خلالها الدم إلى كل من الرئتين والشرايين. وبمتابعة لجريان الدم في أجسام حيوانات متنوعة، لاحظ هارفي بأن الدم لا يُستهلك أبداً، بل يدور بشكل متواصل محمِّلاً الهواء والمواد الغذائية لأنسجة الجسم المختلفة.

و بحلول عام 1625م، توفر لدى هارفي ما يكفيه لتقديم صورة كاملة تقريباً عن الجهاز الدوراني. ولكن بقي هنالك أمران اثنان يقضّان مضجعه. الأول أنه لم يستطع تفسير الكيفية التي ينتقل بها الدم من الشرايين للأوردة رغم إثبات تجاربه لهذه الحقيقة (إذ لم يكن الميكروسكوب متوفراً آنذاك كي يمكّن هارفي من رؤية أوعية صغيرة بحجم الشعيرات الدموية، حيث اكتشفها الإيطالي مارتشيلو مالبيجي* Marcello Malpighi بواسطة الميكروسكوب مُقدمّاً بذلك الحلقة المفقودة في جهاز هارفي الدوراني، وذلك عام 1670م أي بعد ثلاث سنوات من وفاة هارفي).

أما المعضلة الثانية والأدهى حقيقة، فكانت تكمن في خوفه من رد فعل الكنيسة والرأي العام وخصوصاً فيما يتعلق بمستقبل خدمته في البلاط فيما لو صرح بأن القلب

* مارتشيلو مالبيجي (1628–1694م) عالم إيطالي يعد أول عالم أنسجة وسميت تراكيب عديدة في الجسم باسمه — المترجم.

مجرد مضخة عضلية وليس مَكْمناً للروح والضمير والناسخ. فكان متنفسه الوحيد عثوره على دار نشر ألمانية صغيرة تكفلت بنشر ملخص لا يتعدى 72 صفحة عن كتابه وباللغة اللاتينية (لغة العلم آنذاك)، تلافياً لوقوعها بأيدٍ إنجليزية.

لكن شهرة كتاب هارفي الخطير ما لبثت أن تفشت في جميع أرجاء أوربا وكانت كفيلة بتجريده من سمعته الطبية والعلمية في الحال، ففقد الكثير من مرضاه. ولكن في النهاية لا يصح إلا الصحيح، فقد كان هارفي دقيقاً جداً في تجاربه وهذا ما تكلل باعتماد كتابه كمرجع عن الجهاز الدوراني، وذلك عام 1650م.

حقائق طريفة: يتبرع الأمريكيون بأكثر من 16 مليون كيس للدم سنوياً، وهو ما يكفي لملأ مسبح عرضه 20 قدما، عمقه 8 أقدام وطوله حوالي ثلث ميل!

ضغط الهواء

Air Pressure

سنة الاكتشاف 1640م

ما هذا الاكتشاف؟ إن للهواء (الجو) وزناً وضغطاً يسلطه علينا

من المكتشف؟ ايفانجيليستا توريتشيللي Evangelista Torricelli

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

من الواضح للوهلة الأولى بأنها مجرد ملاحظة بسيطة، إن للهواء وزناً وضغطاً يسلطه علينا. ولكننا لا نحس بتأثير هذا الوزن علينا لأنه لطالما كان جزءاً من عالمنا. الأمر ذاته ينطبق على العلماء الأوائل ممن فاتهم جميعاً قياس وزن الهواء والضغط الجوي.

كا ن اكتشاف إيفانجيليستا توريتشيللي مدخلاً لدراسة جادة للطقس والجو، وأرسى الأسس التي أفادت نيوتن وغيره من العلماء في دراساتهم للجاذبية. كما ومهَّد لتوريتشيللي نفسه فيما بعد لتقديم مفهوم الفراغ vacuum واختراع البارومتر- الأداة الأساسية والأكثر أهمية لدراسة الطقس.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في أحد أيام تشرين الأول (أكتوبر) الصافية من عام 1640م، أجرى غاليليو تجربة حول مضخة الامتصاص، وذلك عند بئر عام بالقرب من ميدان سوق فلورنسا الإيطالية. فقام العالم المشهور بغمس أنبوب طويل في مياه البئر القاتمة. ومن البئر مُدَّ أنبوب غاليليو نحو الأعلى ليلتف حول حزمة خشبية متشابكة على ارتفاع ثلاثة أمتار فوق جدار البئر، وينزل نحو الأسفل حيث تستقبله مضخة يدوية يتحكم بها اثنان من معاونيه: ايفنجيليستا توريتشيللي Evangelista Torricelli البالغ من العمر اثنين وثلاثين عاماً وابن تاجر ثري والعالم الطموح، والثاني كان جيوفاني بالياني Giovanni Baliani، وهو الآخر عالم فيزيائي إيطالي.

قام توريتشيللي وبالياني بضخ مقود المضخة الخشبي ماصَين الهواء من أنبوب غاليليو ببطء وساحِبين في الوقت ذاته الماء لمستوى أعلى ضمن الأنبوب. واستمرّا بالضخ لحين تسطَّح الأنبوب وكأنها قشة مبلولة دُسَّت عليها. لكن بغض النظر عن مقدار ما كانا يبذلان

من جهد، لم يكن الماء ليرتفع أكثر من9,7 م فوق مستوى سطح الماء بالبئر، وتكررت هذه النتيجة بتكرار أداء التجربة.

افترض غاليليو حينها بأن وزن عمود الماء في الأنبوب كان السبب – بطريقة ما – وراء إرجاع مستواه إلى ذلك الحد كلما حاولوا رفعه أكثر.

لكن لغز أنبوب الامتصاص ظل يحير توريتشيللي الذي عاود التفكير فيه بجدية سنة 1643م. فلو كان غاليليو صائباً، فإنه يفترض لسائل أثقل أن يصل لنفس الوزن الحرج وبالتالي ينخفض مستواه لحد أدنى. فوزن الزئبق كان 13,5 ضعف وزن لماء، وعليه لا يفترض لعمود الزئبق أن يرتفع أكثر من 13,5/1 من ارتفاع عمود الماء أو ما يقارب 30 إنشاً (76,2سم).

قام توريتشيللي بملأ أنبوب زجاجي طوله 6 أقدام (182سم) بالزئبق السائل، وسدّ النهاية المفتوحة بقطعة قطن. ثم قلب الأنبوب وغمس النهاية المسدودة في حوض يحتوي على الزئبق السائل قبل رفعه للسدادة. وكما توقع، انساب الزئبق من الأنبوب إلى الحوض، ولكن ليس جميعه.

و كان قياس ارتفاع العمود المتبقي للزئبق 30 إنشاً– تماماً كما توقع توريتشيللي. ولكن استمر توريتشيللي في افتراض أن اللغز يكمن في الفراغ الذي تركه فوق عمود الزئبق.

وفي اليوم التالي، وبينما كانت الريح وقطرات المطر الباردة ترتطم بنوافذ بيته، أعاد توريتشيللي تجربته بهدف دراسة الفراغ فوق مستوى الزئبق. ولكن المثير للدهشة أن عمود الزئبق ارتفع إلى مستوى 29 إنشاً (73,6 سم)، في وقت افترض فيه توريتشيللي أن يكون الارتفاع ثابتاً! ما الذي اختلف اليوم عن البارحة؟ تمعن توريتشيللي في التفكير بهذا اللغز الجديد في حين استمر المطر في ضرباته على نافذة الغرفة دون رحمة.

ما أختلف ذاك اليوم كان الجو– الطقس! توقف تفكير توريتشيللي على فكرة ثورية جديدة تماماً. إن للهواء نفسه وزناً. إن الجواب الحقيقي للغز مضخة الامتصاص لا يكمن في وزن السائل ولا في الفراغ الذي يعتليه، بل في وزن الهواء الجوي الضاغط عليه من الأعلى.

أدرك توريتشيللي، إذن، بأن وزن الهواء في الجو قد ضغط على الزئبق في الحوض الذي يحتويه، مما أدى إلى دفع الزئبق داخل الأنبوب. فوزن الزئبق في الأنبوب يجب أن يساوي تماماً وزن الهواء الخارجي المسلط على الزئبق في الحوض.

بتغير وزن الهواء الخارجي، فإنه سيدفع بالزئبق الموضوع في الحوض أقل أو أكثر بقليل وبالتالي سيغير ارتفاع الزئبق في الأنبوب لمستوى أدنى او أعلى بقليل. فالتغير بالطقس لا بد أن يغير وزن الهواء الخارجي.

لقد اكتشف توريتشيللي الضغط الجوي وقدم طريقة لقياسه ودراسته.



حقائق طريفة: نادراً ما ينخفض مستوى الزئبق في البارومترات المترلية بأكثر من 0,5 إنشاً (1,27 سم) تزامنا مع تغير الطقس من هادئ إلى عاصف. وكان الانخفاض الأدنى هو 2,963 انج (7,52 سم) من الزئبق قِيسَ ضمن إعصار بساوث داكوتا، وذلك في حزيران (يونيو) سنة 2003م.

قانون بويل

Boyle's Law

سنة الاكتشاف 1650م

ما هذا الاكتشاف؟ يتناسب حجم الغاز عكسياً مع مقدار القوة الضاغطة عليه

من المكتشف؟ روبرت بويل Robert Boyle

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

أرسى المفهوم الذي اكتشفه روبرت بويل (أو ما يعرف الآن بقانون بويـل) لقواعـد جميع الدراسات الكمية والتحليلات الكيميائية للغازات. فلقد كـان أول صـيغة كمية لدراسة سلوك الغازات، كما ويعتبر من أساسيات فهم الكيمياء حيث يُدَرَّس ضمن بداية المنهاج التعليمي لأي طالب كيمياء.

بوصفه عالماً تجريبيا عبقرياً، أثبت بويل بأن الغازات تتألف من ذرات – تمامـاً مثـل المواد الصلبة. ولكن ما يميز ذرات الغاز أنها منتشرة على مسافات متباعدة عـن بعـضها البعض وقابلة للانضغاط. و هكذا تجارب، ساهم بويل في إقناع الوسط العلمـي بوجـود الذرات– القضية التي طال النقاش في صحتها ألفي عام من الزمان منذ أن افترضها العـالم ديموقريطس* Democritus للمرة الأولى سنة 440 ق.م.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

إنحدر روبرت بويل Robert Boyle من عائلة نبيلة وكان عضواً للمجمع العلمـي البريطاني. وفي أحد اجتماعات المجمع عام 1662م، تلا روبرت هوك Robert Hooke بحثاً حول تجربة فرنسية توضح «مطاطية الهواء». لقد حظيت دراسة خصائص الهواء باهتمـام كبير لدى علماء القرن السابع عشر.

بنى العلماء الفرنسيون اسطوانة نحاسية مسدودة بقوة بواسطة مكبس. قام عدد مـن الرجال بالضغط على المكبس بقوة، ضاغطين بذلك الهواء المحصور بالاسطوانة، ثم انصرفوا بعد أداء مهمتهم. ارتفع المكبس من جديد، ولكن ليس بنفس مقدار ارتفاعه السابق.

---

* ديموقريطس (440–370 ق.م.): فيلسوف مادي إغريقي، بلور الفكرة القائلة بأن المادة تتألف من أجـزاء غير مرئية وغير قابلة للتفتيت أسماها **atoma** «أي الوحدات الغير المرئية» أو الذرات– المترجم.

صرح الفرنسيون من خلال تجربتهم هذه بأن الهواء ليس على درجة كاملة من المطاطية. عند تسليط ضغط عليه، فإنه يحافظ على جزء من حالة انضغاطه.

و لكن كان لروبرت بويل رأي آخر تماماً. حيث حكم بعدم جدوى تجربة الفرنسيين موضحاً بأن المكبس كان من الضيق والإحكام بما يعيق كامل رجوعه لمستواه الأصلي بعد رفع الضغط عنه. فجادله آخرون متذرعين بأن التجربة كانت ستفشل حتما نظراً لتسرب الهواء في حال استعمل الفرنسيون مكبساً متراخياً.

تعهد بويل بصنع مكبس مناسب غير محكمٍ ولا متراخٍ بشدة. كما أكد لزملائه بأن مكبسه المتكامل هذا سيثبت خطأ الفرنسيين في تجربتهم.

بعد أسبوعين وقف روبرت بويل قبالة المجمع ممسكا بأنبوب زجاجي كبير مائل على شكل حرف U. أحد طرفي الأنبوب كان مرتفعاً لحوالي 3 أقدام (90 سم) وضيقاً، بينما كان الطرف الثاني قصيراً وأعرض قطراً. وكان الطرف القصير مسدوداً، بينما كان الطرف الطويل مفتوحاً.

سكب بويل الزئبق السائل داخل أنبوبه فملأ قاع الأنبوب وارتفع ارتفاعاً منخفضاً في كلا طرفي الأنبوب. انحصر جيب كبير من الهواء فوق عمود الزئبق في الطرف القصير العريض. وهنا أردف بويل معرِّفا لمفهوم المكبس بأنه أي جهاز يمكن بواسطته الضغط على الهواء. بما أنه استعمل الزئبق السائل كمكبس، فأنه لا يوجد أي احتكاك من شأنه التأثير على النتائج– كما حصل في التجربة الفرنسية.

قاس بويل وزن المكبس الزجاجي وحفر خطا في الزجاج عند التقاء الزئبق بالهواء المحصور. ثم قطرَ الزئبق السائل في الطرف الطويل لحد امتلائه، فانضغط الهواء المحصور لأقل من نصف حجمه الأصلي نتيجة وزن وقوة الزئبق.

حفر بويل خطا جديداً على الطرف القصير للأنبوب مشيراً إلى المستوى الجديد للزئبق وبالتالي الحجم المضغوط للهواء المحصور. وأخيراً قام بإفراغ الزئبق من خلال صمام أسفل الأنبوب حتى تساوى وزن الزئبق والمكبس الزجاجي مع وزنهما السابق، فرجع عمود الزئبق إلى مستواه الأول بالضبط. الهواء المحصور قد قفز، إذن، إلى مستوى انطلاقه، وهو ما يؤكد أن الهواء يتمتع بقابلية مطاطية تامة. أخطأ الفرنسيون، وأصاب بويل.

واظب بويل على تجاربه مستعملاً مكبسه الزجاجي المضحك ولاحظ شيئاً جديراً بالاهتمام. إذ لما كان يضاعف الضغط (وزن الزئبق) على حجم معين من الهواء المضغوط

بمقدار مرتين، فإن الحجم كان يقلُّ للنصف. كما أن مضاعفة الضغط ثلاث مرات أدت إلى تقليل حجم الهواء للثلث. فالتغير في حجم الهواء المضغوط تناسب دوماً مع التغير بالضغط المسلَّط عليه. وقد عبَّر بويل عن هذه العلاقة بمعادلة رياضية بسيطة تعرف اليوم بقانون بويل. قانون فاق جميع القوانين الأخرى من حيث الأهمية في فهم واستغلال الغازات لتلبية احتياجات بني البشر.

حقائق طريفة: حققت عالمة المحيطات سيلفيا ايرل Sylvia Earle الرقم القياسي للغوص الأحادي للسيدات (1000 م او 3281 قدم). وحسب مبدأ بويل، يكون الضغط بهذا العمق 100 أضعاف مقداره عند السطح الخارجي.

وجود الخلايا

The Existence of Cells

سنة الاكتشاف 1665م

ما هذا الاكتشاف؟ تعتبر الخلية وحدة البناء الأساسية لجميع الكائنات الحية

من المكتشف؟ روبرت هوك Robert Hooke

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تعتبر الخلية الوحدة الأساسية للبناء والتركيب. هنالك ملايين لا تحصى من الخلايا تكوّن أجسام الحيوانات والنباتات، ويمكن دراسة وظائف الجسم بدراسة الخلايا على انفراد. فكما سمح اكتشاف الجزيئة والذرة للعلماء بفهم أعمق للمواد الكيميائية، فإن اكتشاف الخلية سمح لعلماء الأحياء بفهم أعمق للكائنات الحية.

إن استعمال هوك للميكروسكوب فتح عيون الناس على دقائق العالم المجهري على غرار تعريف غاليليو الناس بأسرار الكون الفسيح من خلال استعماله للتلسكوب. كما أولدت اكتشافات هوك العلم المجهري كفرع جديد من فروع العلم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

وراء روبرت هوك Robert Hooke قصة ممتعة. فبينما كان هزيلاً عليلاً في صغره، لم يتكفّل والداه أعباء تعليمه ظناً منهما أنه لن يعيش طويلاً. وعندما عاند الصبي هوك الحياة وعاش لسن الحادية عشرة، منحه أبوه على مضض حصصاً من التعليم المترلي. وفي سن الثانية عشرة، وبينما كان يراقب رساما تشكيلياً خلال عمله، عقد هوك عزمه على تقليده قائلا كلامه الذي ظل يرافقه فيما بعد «أستطيع أن أقوم بهذا». وفعلا أظهرت بعض رسوماته الأولية موهبته في هذا الفن.

توفي والده بعد ذلك بعام، تاركاً له ميراثاً هزيلاً لم يتجاوز 100 جنيه إسترليني. خطرَ لهوك استغلال هذا المبلغ في دراسة أصول الرسم عند أحد الفنانين، ولكن سرعان ما أدرك أن روائح أصباغ الرسم تسبب له صداعاً شديداً.

صرف هوك ماله، بدلاً عن ذلك، في دخول مدرسة ويستمنستر. وفي واحدة من أولى أيامه هناك، استمع هوك لرجل يعزف على آلة الأُرغن في المدرسة وهناك عقد عزمه من

جديد على امتهان العزف «أستطيع أن اقوم بهذا». وحقا استطاع هوك أن يثبت نفسه عازفاً ماهراً بل وعمل بعدها قائدا للفرقة الموسيقية في المدرسة وعضواً في فرقة الإنشاد الكنسي.

لكن الحظ خالف هوك المسكين من جديد، فها هي الحكومة الإنجليزية المتزمتة الجديدة تمنع الموسيقى والكورسات الكنسية باعتبارها عبثاً ولهواً لا طائل منهما. قرر هوك، بعد أن ذهبت جنيهاته سدىً، أن يعمل خادما للطلاب الأثرياء بالقرب من جامعة أكسفورد.

«استطيع أن أقوم بهذا»، قالها هوك من جديد وهو منبهر بالعلم والتجارب. ولم يخيبه العلم كما خيبه الفن سابقاً. بل تعتبر خدمته لطلاب أكسفورد (غالباً لروبرت بويل) فاتحة لواحدة من أكثر التجارب العلمية عطاءً في تاريخ إنجلترا. وحقق هوك خلال فترة وجيزة شهرة واسعة النطاق كبانٍ ومجرِّب من الطراز الأول.

في عام 1660م، انضمَّ هوك إلى المجمع الملكي (منظمة علمية إنجليزية مبكرة) وعمل لفوره على إجراء سلسلة من التجارب مستفيداً من الاختراع المذهل للعقد الأخير من القرن الخامس عشر المسمى بالميكروسكوب. نظراً لشحة عدد الميكروسكوبات القادرة على التكبير 100 ضعف الحجم الأصلي وصعوبة استعمالها وضعف قدرتها التركيزية، ساهم هوك عام 1662 م في تصميم ميكروسكوب ذي قدرة تكبيرية تساوي 300 ضعف، واستعمله في معاينة التركيب الدقيق للأشياء المألوفة من حوله. مستفيداً من هذا الميكروسكوب ومن موهبته الفنية، أنجز هوك أولى الدراسات التفصيلية للعالم المجهري. فرسم صوراً دقيقة قريبة من الواقع لتراكيب مختلفة كالعيون المركبة للذباب، تركيب ريش الطيور، وأجنحة الفراش. كما اكتشف ورسم عدداً من الكائنات المجهرية .

و في عام 1664م، أدار روبرت هوك دفة مجهره هذه المرة إلى قطعة جافة من القطن، فوجدها مكونة من ثقوب مستطيلة صغيرة شديدة التراص. يتألف القطن بالذات من خلايا كبيرة مفتوحة، وهذا ما مكّن هوك من رؤيتها بذاك الوضوح، في حين أن خلايا النباتات والحيوانات الأخرى من الصغر بحيث لا يمكن مشاهدتها أبداً باستعمال هكذا ميكروسكوب.

أطلق هوك على هذه الثقوب اسم *cells* أو خلايا (و هي كلمة لاتينية تشير إلى الحجرات الصغيرة المصطفة جانباً– كغرف السجون مثلاً). كانت هذه الخلايا فارغة لأن قطعة القطن كانت ميتة ببساطة. ويحسب لهوك أنه افترض أن هذه الخلايا لابد أن تكون

مليئة بالسوائل في حالة الحياة*. بقيت كلمة خلية قيد الاستعمال، والأهم من ذلـــك أنهـــا ألهبت مشاعر علماء الأحياء للتباحث في هذا الاكتشاف الجديد. فتبين لهم جميعاً أن العـــالم الحي مؤلَّف حقاً من خلايا متراصة كما هي قطع البلاط في بناء ما. وانساق حقل الأحيـــاء برمته نحو دراسة تركيب ووظائف الخلايا.

حقائق طريفة: يعتبر علم الخلايا العلم الوحيد الذي يترادف فيـــه مـــصطلحا التضاعف والانقسام. فتضاعف الخلايا يعني ببساطة انقسامها!

---

* إضافة إلى اكتشافه للخلايا، عرف عن هوك وضعه لقانون المطاطية، مساعدته لبويل في بناء مـــضخات التفريغ المستعملة في قانون الغازات للأخير، كما و عد معمارياً بارعاً ساهم في إعادة ترميم لندن بعـــد الحريق الكبير عام 1666م. عمل على مراقبة دوران المريخ و عطارد، و يعتبر أول من أفاد بتمدد المادة لدى تسخينها و بتكون الغازات من دقائق متباعدة. اشتهر بعمله في الجاذبية كذلك و احتدم التنـــافس بينه و بين نيوتن الذي تعمد طمس هوية هوك لدى توليه رئاسة المجمع الملكي بمـــا في ذلـــك تحطيمـــه للصورة الوحيدة له في مبنى المجمع– المترجم.

الجذب العام

Universal Gravitation

سنة الاكتشاف 1665م

ما هذا الاكتشاف؟ الجاذبية هي قوة الجذب التي تسلطها جميع الأجسام على بعضها البعض

من المكتشف؟ إسحق نيوتن Isaac Newton

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

بحلول مطلع القرن السابع عشر، كانت أنواع عديدة من القوى قد تم التعرف عليها- كالاحتكاك والجاذبية ومقاومة الهواء والقوى الكهربائية وغيرها. ولكن يعود الفضل في توحيد هذه القوى المختلفة ظاهرياً إلى مبدأ نيوتن الرياضي، حيث بلْوَرها جميعاً في مبدأ قياسي موحَّد. تسقط تفاحة، للناس أوزانها، يدور القمر حول الأرض- جميعها لسبب واحد مشترك. فكان قانون الجاذبية لنيوتن بمثابة مبدأ مبسَّط عملاق.

يعتبر مفهوم نيوتن ومعادلاته في الجاذبية من المفاهيم الأكثر تداولاً في الحقل العلمي برمته. كما ونَدين في بناء القسم الأكبر من فيزيائنا الحديثة إلى مبدأ نيوتن في الجذب العام وفكرته بأن الجاذبية من الخصائص الجوهرية للمواد جميعها.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1666م، كان إسحق نيوتن Isaac Newton البالغ من العمر ثلاثة وعشرين عاماً يعمل زميلاً ناشئا بكلية ترينيتي بجامعة كامبردج. ببشرته البيضاء وشعره الأشقر الطويل، اعتقد الكثيرون أنه أقل من عمره بكثير. وما رسخ هذا الاعتقاد هيكل جسمه الضئيل وتصرفاته الخجولة الوقورة. أما نظراته الثاقبة وتقطيبة وجهه الدائمة فكانت سبباً لنفور الناس منه.

تفشى وباء الطاعون العقدي في لندن فأرعب السكان وحصد حياة الكثير منهم. فأُغلقت دور العلم والجامعات، واضطر الأكاديميون الشغوفون للعلم أمثال إسحق نيوتن أن يقتلوا الكثير من وقتهم الثمين في المناطق الريفية الآمنة، منتظرين أن يفك هذا الوباء اللعين قبضته عن المدينة. لقد كانت فترة مرعبة حقاً في تاريخ البلاد.

في عزلته تلك، أصبح نيوتن مهووساً بقضية ما قضَّتْ مضجعه ربما أكثر من وباء الطاعون نفسه: ما الذي يسند القمر في دورانه حول الأرض، بل ما الذي يسند الأرض ضمن مدار محدد أثناء دورانها حول الشمس؟ لماذا لا يسقط القمر على الأرض، أو تسقط الأرض على الشمس؟

في السنوات اللاحقة أقسم نيوتن بحقيقة حدوث القصة التالية: فبينما كان جالساً في بستان أخته بالريف، سمع الصوت الناعم المألوف لسقوط تفاحة على الأرض العشبية. فالتفت في وقته ليرى تفاحة ثانية تسقط من على فرع متدل للشجرة وترتد بعد اصطدامها بالأرض لتستقر هي الأخرى على العشب الربيعي. إنها لم تكن بالتأكيد أول تفاحة يراها نيوتن وهي تسقط على الأرض، ولم يكن ثمة ما يثير العجب في مسافة سقوطها القصيرة. و بينما كان العالم الشاب يبحث عن حل لمشكلته السابقة، فتحت التفاحة الساقطة منفذاً جديداً له: « تسقط التفاحة على الأرض بينما لا يسقط القمر. ما الفرق إذن بين التفاحة والقمر؟»

في الصبيحة المشمسة لليوم التالي، كان نيوتن يراقب ابن أخته الصغير وهو يلعب بكُرة مشدودة بخيط. فأمسك الصغير الخيط بإحكام وبدأ يؤرجح الكرة ببطء ثم زاد من سرعتها بالتدريج لحدٍ أخذت فيه الكرة مستوى مستقيما مع أقصى امتداد للخيط.

في بداية حركتها، أدرك نيوتن أن الكرة تشبه القمر تماماً. فقد أثرت قوتان في الكرة: حركتها (تعمل على قذف الكرة خارجاً) وقوة سحب الخيط (تعمل على مسك الكرة داخلا). على نفس الشاكلة، هناك قوتان تؤثران على القمر: حركته وقوة سحب الجاذبية– (القوة) ذاتها التي جعلت التفاحة تسقط على الأرض!

للوهلة الأولى افترض نيوتن أن الجاذبية عبارة عن قوة جذب عام بدلاً من قوة مسلّطة فقط على الكواكب والنجوم. فقد جعله فهمه العميق للكيمياء ومبدأ جذب المادة يفترض أن قوة الجاذبية ليست حصراً على الأجرام السماوية وحدها، بل تخص أي جسم وبأية كتلة. إن الجاذبية هي التي تسحب التفاح نحو الأرض، تجعل الأمطار تسقط، وتسند الكواكب في مداراتها حول الشمس.

كان اكتشاف نيوتن لمبدأ الجذب العام بمثابة ضربة قاصمة للفكرة السائدة آنذاك والتي اقتضت باختلاف قوانين الطبيعة التي تحكم السماء عن تلك التي تحكم الأرض. فقد أوضح نيوتن بأن الميكانيكية التي تحكم الكون والطبيعة هي بسيطة في كينونتها.

أدرج نيوتن مبدأ الجذب العام ضمن خصائص المواد جميعاً، لا الكواكب والنجوم فقط. واليوم، يقع مبدأ الجذب العام وصيغته الرياضية في صميم جميع فروع الفيزياء الحديثة باعتباره واحداً من أهم المبادئ في الحقل العلمي برمته.

حقائق طريفة: زهرة كينت The Flower of Kent هي عبارة عن نوع خاص أخضر من التفاح. وحسب القصة، كانت التفاحة التي رآها إسحق نيوتن وهي تسقط على الأرض، فألهمته اكتشاف مبدأ الجذب العام*.

* هنالك سلال من شجرة التفاح الأصلية لنيوتن موجودة الآن خارج الباب الرئيسي لكلية ترينيتي بجامعة كامبردج، و ذلك تحت الغرفة التي عاش فيها لدى دراسته هناك– المترجم.

المتحجرات

Fossils

سنة الاكتشاف 1669م

ما هذا الاكتشاف؟ المتحجرات عبارة عن بقايا كائنات حية في الماضي

من المكتشف؟ نيكولاس ستينو Nicholas Steno

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

إن الطريقة الوحيدة التي تمكننا من معرفة الماضي السحيق هي معاينة البقايا المتحجرة للنباتات والحيوانات المنقرضة الآن وبالتالي المحاولة في إعادة بعث تلك الحياة المندثرة ومحيطها الغابر. يمكن للعلماء أن يحققوا هذا شريطة أن يعطوا تفسيراً صائباً لأسرار البقايا المتحجرة ضمن الطبقات الصخرية القديمة.

بدأت هذه العملية مع نيكولاس ستينو، الذي قدم أول تعريف حقيقي لكلمة «متحجر fossil» وأول فهم صحيح لنشأة وطبيعة المتحجرات. يمثل عمل ستينو بدايةً لعملية الحساب الزمني الحديثة ودراسة المتحجرات وكذلك بلورةً لعلم الجيولوجيا الحديث.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

على مر 2000 سنة، كان يُطلق على كل ما يخرج من الأرض بالمتحجر. وخلال العصور الوسطى، انحصرت تسمية المتحجر على التراكيب الحجرية المستخرجة من الأرض والتي كانت تشابه المخلوقات الحية إلى حد بعيد. اعتقد الكثيرون حينها أن هذه المتحجرات كانت تمثل مراحل من عمل الله في خلقه للكائنات الحية، بينما افترض آخرون أنها محاولات فاشلة من الشيطان لتقليد الله، وذهب آخرون إلى الاعتقاد بأنها كانت بقايا للحيوانات التي غرقت إبان طوفان نوح. لكن لم ينتبه أحد منهم إلى أن لهذه المتحجرات أهميتها العلمية.

كان نيكولاس ستينو Nicholas Steno هو ذاته نيلز ستينسن Niels Stinsen المولود عام 1638م في كوبنهاجن بالدانمارك، وقد غيَّر إسمه إلى صيغته اللاتينية عام 1660م بعد رحيله إلى باريس ثم إيطاليا بغية دراسة الطب. كان ستينو طالباً للطريقة التجريبية والرياضية للعالم غاليليو وركز في دراسته على الجهاز العضلي للإنسان مستعملاً الرياضيات

والهندسة لتبيان طريقة تقلص العضلات وتحريكها للهيكل العظمي. فذاع صيته في جميع أرجاء إيطاليا جراء دراساته التشريحية والوظيفية تلك.

في شهر تشرين الأول (أكتوبر) من عام 1666م، اصطاد صيادان ما أسمياه «سمك قرش عملاق» بالقرب من بلدة ليفورنو الإيطالية. ونظراً لكبر حجمه، قرر الدوق فرديناند إرسال رأسه إلى ستينو ليقوم بتشريحه. فأذعن ستينو لمطلب الدوق وبدأ بتشريح الرأس مركّزاً على عضلات الفك المميت للقرش.

بينما كان ستينو يفحص أسنان القرش تحت الميكروسكوب، أدهشته مشابهتها لمتحجرات معينة تدعى glossopetrae أو «كلوسوبيتري» أي «أحجار اللسان»، سبق أن عُثر عليها في الطبقات الصخرية على امتداد الوديان الساحلية. كانت الكلوسوبيتري معروفة منذ أولى أيام الإمبراطورية الرومانية القديمة، وقد اعتبرها المؤلف الروماني الشهير بليني الكبير* Pliny the Elder أجزاء تناثرت من القمر على الأرض. ومن خلال مقارنته لأسنان القرش المتوحش مع الكلوسوبيتري، توقع ستينو أن الكلوسوبيتري لا تشبه أسنان القرش فحسب، بل هي أسنان القرش ذاتها!

سخر العلماء الطليان، بطبيعة الحال، من اكتشاف ستينو متذرعين بأن الكلوسوبيتري موجودة على بعد أميال من شاطئ البحر وعليه من المستحيل أن تكون جزءاً من كائن بحري كسمك القرش. أما ستينو فافترض أنه لا بد أن تكون أسماك القرش الميتة مطروحة في مناطق سطحية من الماء أو في شاطئه الموحل ثم انجرفت بطريقة ما لتصبح جزءاً من اليابسة. ولكن لم يشفِ هذا الافتراض غليل معارضيه، بل ذهب بعضهم إلى القول باستحالة كون الكلوسوبيتري أسنان قرش طالما أن أسنان القرش ليست مصنوعة من حجر.

و من جانبه وسَّع ستينو من دراساته لتشمل المتحجرات الشبيهة بالعظام والشظايا العظمية. عندما عاينها تحت الميكروسكوب، اقتنع بأنها الأخرى كانت عظاماً وليست حجارة. بعد شهور من الدراسة، استند ستينو على ما استجد بعد ذاك من نظرية تدعى

---

* بليني الكبير (23–79 ق.م.): كاتب و فيلسوف طبيعي و قائد بحري روماني، اشتهر بتأليف موسوعة **Naturalis Historia** «التاريخ الطبيعي»، و ذاع عنه قوله: «يتألف المجد الحقيقي من تحقيق ما يستحق الكتابة، و كتابة ما يستحق القراءة»– المترجم.

النظرية الجسيمية للمادة (الممهِّدة للنظرية الذرية) معتبراً أن الوقت والتفاعل الكيميائي كفيلان بتغيير تركيب الأسنان والعظام إلى تركيب حجري.

نشر ستينو اكتشافه ودليل إثباته عام 1669م. إضافة إلى إثباته بأن المتحجرات تمثل عظاماً قديمة لكائنات حية في الواقع، حقق ستينو في الكيفية التي اندست بها هذه العظام ضمن الطبقات الصخرية. فخلال عمله اكتشف عملية الترسيب وتكوين الطبقات الصخرية المترسبة. يحسب لستينو إذن تأسيسه لعلم الجيولوجيا الحديث.

في ذروة مسيرته وعطائه، نُصِّب ستينو كاهناً للكنيسة الكاثوليكية، وترك الحقل العلمي إلى الأبد، معتبراً العلم مخالفا للتعاليم الكنسية. لحسن الحظ بقيت اكتشافاته ماثلة للدفع بعجلة العلم وخدمته.

حقائق طريفة: لعل أول ما يراود أذهاننا عند ذكر المتحجرات، الديناصورات العملاقة. لكن اكتشفت أكبر البقايا المتحجرة في العالم في شمال أمريكا الجنوبية عام 2003م حيث تعود لحيوان من القوارض، قد بلغ وزنها 1500 رطلاً (700 كغم)، أما عمرها فناهز 8 مليون سنة.

البعد عن الشمس

Distance to Sun

سنة الاكتشاف 1672م

ما هذا الاكتشاف؟ أول حساب دقيق للمسافة من الأرض إلى الشمس، لحجم النظام الشمسي، وحتى لحجم الكون
من المكتشف؟ جيوفاني كاسيني Giovanni Cassini

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يستند فهمنا للكون على أساسين اثنين- قدرتنا على حساب المسافات التي تفصلنا عن النجوم البعيدة، وقدرتنا على قياس التركيب الكيميائي للنجوم. وقد تحقق الأخير عام 1859م باختراع المطياف. أما قياس البعد عن الشمس فلطالما عُدَّ الأهم من بين القياسات المجرّية. وكان قياس عام 1672م لكاسيني بمثابة أول حساب دقيق في هذا المضمار.

منح اكتشاف كاسيني أول تلميح مذهل من نوعه إلى مدى اتساع حجم الكون وإلى مدى ضآلة وتفاهة الأرض. فقبل كاسيني، اعتقد العلماء أن النجوم تبعدنا بمسافة بضعة ملايين من الأميال. ولكن بعد كاسيني، أدركوا أن أقرب النجوم إلينا تبعد بلايين إن لم تكن تريليونات الأميال!

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

مولوداً عام 1625م، ترعرع جيوفاني كاسيني Giovanni Cassini وتثقَّف في إيطاليا. توجهت ميوله أثناء شبابه إلى علم التنجيم، وليس الفلك، فاكتسب شهرة واسعة في هذا المجال. انهالت المئات من الناس على كاسيني من كافة أرجاء البلاد يلتمسون استشاراته، رغم أنه كتب منشورات عديدة يثبت فيها بطلان صحة التوقعات التنجيمية.

في عام 1668م، وبعد قيامه بعدد من الدراسات الفلكية المعتَّدة بها في إيطاليا، عُرض على كاسيني منصب مدير مرصد باريس الفلكي. فقرر أن يصبح مواطناً فرنسياً وغيَّر اسمه إلى جان دومينيك كاسيني Jean Dominique Cassini.

هناك في فرنسا، استعمل كاسيني تلسكوباً متطوراً عالي الجودة أتى به خلسة من إيطاليا، فرافقه في جميع إنجازاته الفلكية التي جعلت منه واحداً من أشهر علماء العالم.

تضمنت هذه الاكتشافات المدد الدورية للمريخ والزحل وكذلك الفسحات الكبيرة في حلقات زحل والتي لا تزال تسمى بفسحات كاسيني.

كان كاسيني أول من توقع بأن الضوء ينتقل بسرعة متناهية. لكنه أحجم عن نشر دليله، بل قضى سنوات عديدة محاولاً تفنيد نظريته بنفسه. إذ كان رجلاً شديد التدين ومؤمناً بأن الضوء من بعض نور الله وبالتالي يجب أن يكون كاملاً وغير متناه. ومع هذا، أثبتت جميع أعماله الفلكية صدق اكتشافه الأول- ينتقل الضوء بسرعة ثابتة ومتناهية.

مرة أخرى أصبح كاسيني أسيراً لإيمانه الشديد بالكنيسة الكاثوليكية ونادى بكون أرضي المركز. إلا أن الكتابات الأولية لكبلر والمجادلات الحذرة لكوبرنيكوس في افتراض مركزية الشمس نجحت في إقناع كاسيني -و لو جزئياً- بهذه الحقيقة، وذلك عام 1672م.

بعد هذه الحقيقة الجديدة التي قَبِل بها كاسيني على مضض، قرر حساب بُعد الأرض عن الشمس. إلا أنه كان من الصعوبة والخطورة عمل قياسات مباشرة تخص الشمس (فقد يكلّفه ذلك بصره). ولكن لحسن حظه، ساعدته معادلات كبلر على حساب المسافة من الأرض إلى الشمس وذلك بقياس المسافة بين الأرض وأي كوكب آخر.

كان المريخ قريباً على قلب كاسيني كما كان قريباً عن الأرض، فاستعان بتلسكوبه المتطور في قياس المسافة إلى المريخ، ولكنه لم يفلح طبعاً في حساب قياس دقيق فعلي للمسافة. لكنه لو قاس الزاوية إلى بقعة معينة من المريخ في نفس الوقت من نقطتين مختلفتين على الأرض، فإنه سيتمكن من الاستفادة من هذه الزوايا وهندسة المثلثات في حساب المسافة إلى المريخ.

حتى تكون قياساته دقيقة ومضبوطة، كان على كاسيني أن يجعل من المسافة بين نقطتيه الأرضيتين كبيرة ومعلومة بدقة. فأرسل الفلكي الفرنسي جان ريشيه Jean Richer إلى كاييني في غويانا الفرنسية على الساحل الشمالي لأمريكا الجنوبية، بينما بقي هو في باريس.

بذات الليلة من شهر آب (أغسطس) عام 1672م، وبنفس اللحظة بالضبط، قاس الرجلان الزاوية إلى المريخ ووضعاها تماماً مقابل خلفية النجوم البعيدة.و عندما رجع ريشيه بقياساته إلى باريس، تمكن كاسيني أخيراً من قياس المسافة إلى المريخ. ثم استعمل معادلات كبلر ليكتشف أن المسافة إلى الشمس هي 87 مليون ميل (149,6 مليون كم). لقد أظهر العلم الحديث أن قياس كاسيني خالف القياس الحقيقي بمقدار 7% فقط (93 مليون ميل).

استمر كاسيني في قياس البعد عن الكواكب الأخرى واكتشف أن زحل يبعد عنا بمقدار 1,600,000,000 (1,6بليون) ميل! لقد عنت اكتشافات كاسيني أن الكون أكبر بملايين الأضعاف خلافاً لتصورات الجميع*.

حقائق طريفة: يبلغ قطر الشمس 1,4 مليون كم (875000 ميل). أي أنها أعرض عن الأرض بمقدار 109 أضعاف تقريباً.

* الحقيقة الأخرى التي كشف كاسيني الغطاء عنها كانت إثباته أن فرنسا أصغر بكثير من المتوقع، و ذلك باستعمال خطوط الطول (حيث يعتبر أول من قاسها قياساً دقيقاً) في تقدير حجم البلاد. علق الملك لويس الرابع عشر على الأمر بقوله أن كاسيني أخذ من مملكته أكثر من الأراضي التي ظفر بها في حروبه جمعاء- المترجم.

البكتيريا

Bacteria

سنة الاكتشاف 1680م

ما هذا الاكتشاف؟ توجد كائنات مجهرية لا تُرى بالعين المجردة
من المكتشف؟ أنتون فان ليفنهوك Anton van Leeuwenhoek

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كما استعمل غاليليو تلسكوبه ليفتح أفق الإنسان على فضاء النجوم والكواكب، فقد استعمل فان ليفنهوك ميكروسكوبه ليفتح وعي الإنسان على العالم المجهري الدقيق الواقع خارج نطاق الرؤية البشرية والذي لم يكن أحد قد حلم حتى بوجوده. اكتشف فان ليفنهوك الطليعيات والبكتيريا والخلايا الدموية والنطف والشعيرات الدموية، وأرست أعماله أسس علم الأحياء المجهرية وأدخلت الدراسات النسيجية والنباتية إلى العالم المجهري،كما وأكملت الفهم البشري للجهاز الدوراني.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد أنتون فان ليفنهوك Anton van Leeuwenhoek عام 1632م. في دلفت بهولندا. مفتقدا لتعليم مدرسي متقدِّم، مارَسَ فان ليفنهوك تجارة الأقمشة واعتقد أنه سيكمل حياته في البيع والشراء.

لكن فان ليفنهوك كان محباً لاستطلاع العالم المحيط به ومهتماً بالرياضيات. وبتثقيف ذاتي بحت، تمكن من حصد ما يؤهله من المعلومات الرياضية للعمل كمسّاح للأراضي إضافة إلى وظيفته الأصلية، كما قرأ ما تيسَّر له عن العالم الطبيعي من حوله. لكنه لم يتقن سوى اللغة الهولندية، وبهذا لم يقدر على الاطلاع على أي منشورات أو بحوث علمية- إذ كانت تنشر جميعاً باللاتينية أو الفرنسية.

دخلت الميكروسكوبات هولندا عام 1620م. وكان كريستيان هويجنز Christian Huygens و روبرت هوك أول عالمين يستفيدان علمياً من هذا الاختراع المذهل. كما قاما بتصميم ميكروسكوبات ثنائية العدسات (عدستان زجاجيتان داخل ماسورة معدنية ضيقة).

استرق فان ليفهوك النظر في الميكروسكوب لأول مرة عام 1657م، فَراقَــه مــا رأى وامتدت وشائج الصداقة بينهما. جرَّب فان ليفنهوك ميكروسكوباً ثنائي العدسات، ولكن خاب أمله عندما لاحظ تشوه الرؤية به وضعف قدرتــه التركيزيــة. فقــام بــصنع أول ميكروسكوب له مستعملاً عدسة واحدة شديدة الانحناء بغية الزيادة في التكبير.و في عــام 1673م، صنع فان ليفنهوك ميكروسكوبا بقوة تكبير 270 ضعفاً للحجم الأصلي، فمكّنته من رؤية أشياء بطول واحد من المليون من المتر. كان ليفنهوك متحفظا جداً بشأن عملــه، ولم يدع أحداً يشاهد ميكروسكوباته الجديدة.

بدأ فان ليفنهوك دراساته المجهرية بأشياء يقدر أن يُركّبها على رأس دبوس- كــأجزاء من فم النحل، البراغيث، شعرات الإنسان...الخ، فشرح ورسم ما رأى بتفصيل دقيق. وفي عام 1674م، طوَّر ميكروسكوبه بما يُمكّنه من التركيز على صحن مستو- فأدار اهتمامــه إلى دراسة السوائل كقطرات الماء، خلايا الدم..الخ.

كانت هذه الدراسات الأخيرة لعام 1674م وراء اكتشافه العظيم. إذ اكتشف طليعياً مجهرياً (بكتيريا) في كل قطرة من قطرات الماء الذي كان يعاينه، مكتشفاً بــذلك الحيــاة المجهرية التي لا ترى بالعين المجردة. ثم وسَّع فان ليفنهوك من نطاق بحثه عن هذه الكائنــات الدقيقة فوجدها في كل مكان: على رموش عين البشر، على البراغيث، في الغبار، وعلــى الجلد، فرسمها ووصفها برسوم ممتازة دقيقة،كل رسمة كانت تكلّف فــان ليفنــهوك أيامــاً لإنهائها.

و باعتباره هاوياً، كان عليه أن يحسِّن من معلوماته العلمية، فدأب على ذلك خــلال فترة فراغه عن العمل عصراً وفي ساعات الصباح الأولى. ولكن خجله من قلــة مهاراتــه اللغوية وتهجّئته الضعيفة (حتى في اللغة الهولندية) حالا دون نشره لأيــة مقــالات حــول اكتشافاته المبهرة.

و أخيراً في أوائل عام 1676م، اقتنع فان ليفنهوك بجدوى إرسال رسائله ورسوماته إلى المجمع الملكي بلندن، الذي تولى ترجمتها إلى الإنجليزية. شكّل هذا الجمع الموسَّع للرســائل (التي كُتبت وجُمعت على مدى عقود) أول وأفضل خريطة إلى العالم المجهري. فما لاحظــه فان ليفنهوك قوَّض العديد من المعتقدات العلمية حينذاك وقدّمه عقوداً-إن لم يكن قروناً- على باحثي زمانه.

كان أول من أشار إلى البكتيريا سبباً للعدوى والمرض (و لم يصدقه أحد لحد إثبات باستير لذلك عام 1856م). كما لاحظ فان ليفنهوك أن بمقدور الخل قتل البكتيريا وبالتالي دعا بقابليته على تعقيم الجروح. ومجدداً، انتظر العالم قرنين من الزمان لتصبح ملاحظة فان ليفنهوك ممارسة طبية قياسية.

مضت 200 سنة أيضاً قبل أن يتمكن أحد من تصميم ميكروسكوب أفضل من ميكروسكوب فان ليفنهوك. ولكن بقي لميكروسكوب فان ليفنهوك شرف اكتشاف العالم المجهري البالغ الأهمية*.

حقائق طريفة: في عام 1999م، اكتشف العلماء أكبر بكتيريا على الإطلاق. إذ بإمكانها النمو لغاية 0,75 ملم – أي حوالي حجم النقطة نهاية هذه الجملة. لقد فاقت هذه البكتيريا الجديدة أقرب منافساتها بمائة ضعف. فعلى سبيل المقارنة، لو كانت البكتريا الجديدة بحجم الحوت الأزرق، فإن البكتيريا العادية ستكون بحجم فأر حديث الولادة.

* من الاكتشافات الأخرى المهمة لفان ليفنهوك اكتشافه للنطف عام 1677م و للنمط المخطط للخلايا العضلية الهيكلية عام 1682م – المترجم.

قوانين الحركة

Laws of Motion

سنة الاكتشاف 1687م

ما هذا الاكتشاف؟ العلاقات الأساسية بين المادة والقوة والحركة والتي بُني عليها جميع علم الفيزياء والهندسة

من المكتشف؟ إسحق نيوتن Isaac Newton

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تشكل قوانين نيوتن الثلاثة في الحركة صميم علم الفيزياء والهندسة. فهي النظريات الأساسية التي بُنيت عليها علومنا الفيزيائية، تماماً كما بُنيت مفاهيمنا الهندسية الحديثة على نظريات إقليدس الأساسية. فتقديراً لإتيانه بهذه القوانين واكتشافه للجاذبية وصنعه لآلة الحاسبة، اعتُبر نيوتن الذكاء العلمي الأنبغ في الألفية المنصرمة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان اكتشاف يوهانيس كبلر عام 1609م بأن الكواكب تدور في مدارات إهليليجية (ليست كروية) حول الشمس كفيلاً بإثارة قريحة العلماء من بعده، ممن دأبوا في إيجاد تفسير رياضي له. فحاول روبرت هوك وجون هالي John Halley لكنهما فشلا كما فشل آخرون في هذا المضمار.

كان إسحق نيوتن Issac Newton المولود عام 1642م في لنكولنشاير على بعد 60 ميلاً من كامبردج بإنجلترا، طفلا صعب المراس. توفي والده قبل ولادته بثلاثة أشهر، ولم يحب زوج أمه إطلاقاً فأُرسل للعيش مع جده وجدته.لكن لم يُبد نيوتن عاطفة تجاه أحد- لا أمه ولا جده ولا جدته ولا حتى أخيه وأخته الغير الشقيقين. فكان كثيراً ما يهدد بضربهم وحرق المنزل عليهم، وكان عالة على مدرسته بخرقه لقوانينها وأنظمتها.

فَطِن رجل واحد فقط، هو وليام ايسكيو William Ayscough، إلى نبوغ وقدرات نيوتن. فدبَّر له للدراسة في كلية ترينيتي بجامعة كامبردج. كونه فقيراً وغير قادر على دفع مصاريف دراسته الطائلة، عمل نيوتن خادما للطلاب الآخرين. كان نيوتن دائم الوحدة، بالغ التكتم، بينما وصفه آخرون بالعابس والمجادل.

أغلقت كامبردج أبوابها إبان تفشي وباء الطاعون في لندن عام 1665م. فأقام نيوتن عند أخته في الريف، حيث تملّكه الإحباط جراء عزلته وفي ظل غياب الأدوات الرياضية التي يحتاجها في دراسة مفاهيم القوة والحركة التي همَّ بالتعمق فيها. و عقد عزمه على معرفة القوى التي تسبب حركة الأجسام الساكنة أو توقف المتحرك منها.

درس نيوتن كتابات غاليليو وأرسطو، كما واكب الأعمال الجديدة لكبلر وهالي، وجمع المشاهدات والنظريات المبعثرة والمتضادة أحياناً منذ الأيام الإغريقية الأولى. فدرسها ورتَّبها باحثاً عن حقائق مشتركة وأخطاء محتملة. وأبدى نيوتن نجاحاً مدهشاً في غربلة هذا الجبل من الأفكار وانتقاء التزر الصالح منها.

لم يكن نيوتن تجريبياً بحتاً، إذ اعتمد على التفكير وإجراء تجارب ذهنية على غرار آينشتاين. كان يقضي وقتا طويلا في التأمل والتفكير الداخلي قبل أن يصل إلى أجوبة مقنعة. فقد جاء على لسانه بأنه «كان يضع الموضوع نصب عينيه دوماً وينتظر حتى تتدرج تباشير الفجر الأولى إلى نور الصباح المشرق».

سرعان ما أصبح لغز القوى المسببة للحركة هوساً لدى نيوتن. فركَّز على قوانين غاليليو في الأجسام الساقطة وقوانين كبلر في حركة الكواكب. وكثيراً ما أوصله قلة النوم والطعام إلى حافة الانهيار الجسدي.

بَلْوَرَ نيوتن قوانينه الثلاثة في الحركة أوائل عام 1666م. فكانت اللبنة الأساسية في صنعه للآلة الحاسبة واكتشافه للجاذبية–و لكن دون أن ينشرها، لحين أغراه هالي بكتابة كتابه الشهير Principa «برينسيبا–المفاهيم» بعد عشرين عاماً.

قدم جان بيكار* Jean Picard عام 1684م أول قياس دقيق لحجم وكتلة الأرض. وأخيراً حصل نيوتن على الأرقام التي أحتاجها لإثبات صواب قوانينه في الحركة وقانونه في الجاذبية بما يتعلق بتوقع المدارات الحقيقية للكواكب. لكن حتى لدى حصوله على البرهان الرياضي المطلوب، أخَّر نيوتن نشر كتاب برينسيبا لعام 1687م وذلك بتحريض وترغيب من هالي**–أغلب الظن لأن روبرت هوك ادَّعى خطأً بأنه توصل إلى قوانين عامة للحركة. فأصبح كتاب برينسيبا واحداً من أكثر المنشورات توقيراً واستعمالاً في تأريخ العلم.

---

* جان بيكار (1620–1642م) فلكي فرنسي كان أول من قاس درجات خطوط الطول بدقة و قاس منها حجم الأرض– المترجم.

** تتفق أغلب المصادر أن هالي ذهب إلى نيوتن لمسائلته حول قضية استعصت عليه و على هوك تتعلق بالجاذبية، ليجد أن الأخير قد حلّها لتوه. فظل هالي يلح على نيوتن بنشر ملاحظاته، إلى أن جمعها في كتابه البرينسيبا الذي طُبع على نفقة هالي الخاصة — المترجم.



حقائق طريفة: إن لكل حركة قوة مسببة لها. وقد تمكن غاري هاردويك Gary Hardwick من كارلسباد بولاية كاليفورنيا من توليد قوة تكفي لدفع لوح التزلج بسرعة قياسية (وقوفاً) بلغت 100,66 كم/سا (62,55 ميل/سا) بتلال فونتاين في ولاية اريزونا، وذلك بتأريخ 26 أيلول (سبتمبر) عام 1998

الترتيب في الطبيعة

Order in Nature

سنة الاكتشاف 1735م

ما هذا الاكتشاف؟ يمكن جمع وتنظيم جميع الكائنات الحية من نباتات وحيوانات في ترتيب هرمي بسيط

من المكتشف؟ كارل لينيوس Carl Linnaeus

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لحد القرن الثامن عشر، كان يُنظر إلى الطبيعة بأنها فيض غزير من أشكال الحياة. اضطلع كارل لينيوس بمهمة ترتيب وتنظيم هذه العشوائية الظاهرة. فقد أسدى نظامه الخاص بالتسمية والجمع والترتيب التخيلي للنباتات والحيوانات خدمات جليلة لعلم النبات والأحياء والنظم البيئية والتركيب البيولوجي، ولا يزال العلماء يعتمدون عليه بعد مضي 300 سنة.

عرفاناً بجميله، لقب كارل لينيوس بأبي التصنيف (التاكسونومي) الحديث (taxonomy مشتقة من الإغريقية بمعنى «التسمية بالترتيب»).. يمكن تلمس الدليل على تأثيره على العلم الحديث وأهميته له بطريقتين: الأولى، لا تزال العلوم جميعاً تعتمد على نظامه وطريقة تسميته اللاتينية للأنواع الموجودة والمكتشَفة من الكائنات الحية– كآخر الشواهد الماثلة على هذه اللغة التي كانت يوماً ما لغة علمية عالمية. وثانياً، لم يمر أي عالم أحياء إلا واستعمل نظام لينيوس لتنظيم وفهم وتعريف ووصف جميع ما درس من أنواع نباتية وحيوانية.

كان لينيوس أول من قدَّم لمفهوم «الهوموسابيتر» homo sapiens أو «جنس الإنسان العاقل» واضعاً الإنسان في رتبة الرئيسيات primates، كما كان نظامه للتصنيف نواة لمفهوم «شجرة الحياة»، حيث ينتمي كل كائن حي إلى نوع فجنس فعائلة فصنف فرتبة فشعبة وأخيراً إلى أحد عالمي النبات أو الحيوان– وهو نظام شبيه بأغصان وفروع وجذع الشجرة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان كارل لينيوس يكره الفوضى وعدم الترتيب. وقال بأنه لا يقدر أن يفهم أي شيء إن لم يكن مرتباً بانتظام. ولد في السويد عام 1707م، وكان من المفترض أن يصبح

كاهنا كأبيه، لكنه لم يبدِ استعداداً ولا رغبةً في العمل بالكنيسة، فسُمح له أخيراً بـالتحول إلى دراسة الطب.

دخل مدرسة الطب بجامعة لاند عام 1727م، ولكنه قضى وقته في حديقة صغيرة خاصة ببحوث علم النبات في الجامعة أكثر من وقته في الصف. فلطالما جذبت النباتات والزهور اهتمام لينيوس منذ نعومة أظفاره. وفي عام 1728م انتقل لينيوس إلى جامعة أوبسالا- ربما جذبته حدائقها البحثية الأكبر، وهناك قرأ نشرة لعالم نبات فرنسي يدعى سباستيان فاليان Sebastian Vaillant كانت تعتبر ثورية جريئة في ذلك الوقت، جاء فيها أن النباتات تتكاثر جنسياً وأن لها أعضاءها الذكرية والأنثوية على غرار الحيوانات.

أما لينيوس، فقد راقته الفكرة. وباعتباره مُفَهْرِساً مهووساً، كثيراً ما اشمأز من فكرة أن كل نبتة من آلاف النباتات التي شاهدها في الحديقة البحثية مستقلة بذاتها ومن صنف مغاير. فكر لينيوس بطريقة لتصنيف وترتيب هذه العدد الهائل من النباتات اعتماداً على أجزاءها التكاثرية، فوُلِد حلمه في تنظيم فوضى الطبيعة.

بفضل حلاوة لسانه ولباقته وقابلياته الفطرية على التودد والتقرب من الأثرياء وذوي الشأن، تمكّن لينيوس من حصد دعم مالي لمجموعة من الرحالات الاستكشافية قام بها لأجزاء متفرقة من البلاد بغرض دراسة وتصنيف الأنواع النباتية. فقضى شهوراً طوال متسكعا في الأرياف وهو يدرس ويصف ويصنِّف كل نبات يعثر عليه. كانت رحلاته الاستكشافية نموذجاً قيّما للنظامية والترتيب. فبدأ كل أيامه تمام السابعة صباحاً، ولم يكن يستريح إلا مرة للأكل في الثانية من بعد الظهر ومرة للراحة الجسدية بتمام الرابعة عصراً.

ركّز لينيوس على الأجزاء التكاثرية لكل نبات يعثر عليه أثناء رحلاته الاستكشافية تلك، وسرعان ما لاحظ خصائص مشتركة في الأجزاء الذكرية والأنثوية للعديد من الأصناف النباتية، فصنَّفها معا في مجموعة واحدة. ثم استمر في تصنيف هذه الجاميع في مجاميع أكبر فأكبر. اكتشف أن النباتات تنتمي إلى مجاميعها طبقاً لقليل من صفاتها الأساسية وبأن هناك ترتيباً فعلياً في عالم الطبيعة.

و بحلول عام 1735م، كان لينيوس قد وصف أكثر من 4000 نوعاً من النبات ونشر نظامه التصنيفي في كتاب أسماه Systema Naturae أو «نظام الطبيعة». وكان نظامه مؤلفاً من ثماني مستويات، هي: النوع، الجنس، العائلة، الرتبة، الصنف، الشعبة الثانوية، الشعبة والمملكة. اختلف الرأي العام حول تصنيف لينيوس المبني أساساً على الأجزاء

التناسلية للنباتات (ومن ثم الحيوانات). ولكن استساغه علماء النبات بوصفه نظاماً جذاباً سهل الاستعمال.

انتشر نظام لينيوس سريعاً في أرجاء أوربا، وكان غالباً ما يشار إليه بشجرة بفروع عملاقة تمثل الأصناف، مروراً بالأغصان الأدق، تمثيلا للأنواع. ومن هذه الرسومات انبثق مفهوم «شجرة الحياة».

قضى لينيوس 30 سنة أخرى متجولاً في أرجاء أوربا ومضيفاً نباتات جديدة على تصنيفه. وفي عام 1740م، أضاف الأنواع الحيوانية أيضاً. وبحلول عام 1758م كان لينيوس قد وصف وصنف 4400 نوعاً حيوانيا وأكثر من7700 نوع نباتي.

توَّج لينيوس عمله المبدع بتقديمه لنظام التسمية الثنائية في طبعة كتابه العاشرة عام 1758م، والذي يقضي بتسمية كل نبات وحيوان بذكر نوعه وجنسه. فقد اكتشف وجود نظام بالطبيعة وطريقة لوصف هذا النظام- طريقة لا تزال في عنفوان حياتها وأوج تداولها حتى يوم الناس هذا.

حقائق طريفة: إن أضخم شجرة في العالم هي جينيرال شيرمان General Sherman، شجرة الصنوبر العملاقة *Seqiuoiadendron giganteum* الموجودة في حقل الصنوبر الوطني بكاليفورنيا. يبلغ طولها 83,82 م (274,9 قدما)، وبقطر 11,1 م (36 قدما، أو 5 إنشات). تحتوي هذه الشجرة على ما يكفي من الخشب لصنع 5 بلايين من أعواد الثقاب- أي عود ثقاب واحد لكل إنسان على وجه الأرض.

المجرات

Galaxies

سنة الاكتشاف 1750م

ما هذا الاكتشاف؟ ليست الشمس مركزاً للكون بل جزء من عنقود نجمي عملاق قرصي الشكل، يطفو في الفضاء

من المكتشف؟ توماس رايت Thomas Wright و وليام هيرشل William Herschel

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يمثل اكتشاف تجمع النجوم في مجرات أول تقدم حقيقي في الجهود المبذولة لوصف الشكل الحقيقي للكون وانتشار النجوم فيه. و كانت نظرية رايت في المجرات بمثابة أول عمل فلكي لا يعترف بالشمس مركزا للكون، لكنها جزء من تجمع عنقودي متراصٍ من النجوم اسماه المجرة. فدفع اكتشافه العلم خطوة جبارة نحو الأمام في سياق فهم خبايا الكون الفسيح والتي تُعتَبر فيه شمسنا وأرضنا مجرد بقع اعتيادية صغيرة. وبعد خمس وعشرين سنة، أجرى هيرشل دراسات ترصدية دقيقة أثبتت صواب رايت في ادعائه.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اعتقد العلماء لآلاف السنين بأن الكون مؤلف من قشرة كروية عملاقة من النجوم، مع وجود الأرض في المركز. ولا شيء يشغل الفراغ الشاسع بين الأرض والنجوم سوى بضعة من الكواكب والشمس.

خلال منتصف القرن السابع عشر، أدرك معظم العلماء أن الشمس، وليست الأرض، واقعة في مركز الكون الكروي. واعتقد بعض العلماء المرموقين (أمثال كريستيان هويجنز*) أن النجوم عبارة عن ثقوب في الفضاء المعتم ينبثق من خلالها الضوء القادم من منطقة مضيئة ما من الحياة السرمدية.

---

* كريستيان هويجنز (1629–1695م) فيزيائي و رياضي هولندي اكتشف قمر تيتان لزحل عام 1655م. طوّر على العدسات المكبِّرة وكان أول من استعمل البندول في الساعة. أنشأ نظرية موجية للضوء على نقيض النظرية الدقائقية لنيوتن، و اكتشف استقطاب الضوء عام 1678م – المترجم.

تضافرت اكتشافات رجلين اثنين لتبيان وجود عناقيد كثيفة من النجوم، تدعى المجرات. من مواليد عام 1711م، درس الإنجليزي توماس رايت Thomas Wright الرياضيات وقواعد الملاحة، ولكنه كان يهوى الفلك. شأنه شأن العديد من الفلكيين الآخرين، لاحظ رايت أن النجوم لا تتوزع بشكل منتظم في السماء، إذ بدت غيمة من النجوم الخافتة مكثّفة على امتداد ما يسمى بدرب التبانة.

انزعج رايت من هذه الملاحظة. فقد آمن بأن الله خلق كونا كامل الترتيب والتنظيم، وهو ما يحتم توزيع النجوم على مسافات متساوية البعد عن بعضها البعض. فقام رايت الممتعض بالتلاعب بالمخططات النجمية بغية وضع النجوم بطرق منتظمة على خلاف الظاهر.

افترض رايت إمكانية توزيع النجوم على سطح حقل من الفقاعات العملاقة. فلو كنا ضمن إحدى هذه الحلقات النجمية ونظرنا على امتداد الحلقة، فإننا سنرى نجوماً أكثر عدداً فيما لو نظرنا إليها خارجاً بشكل مستقيم. وأوحت له حلقات زحل أن النجوم يمكن أن تكون متراصة في حلقات واسعة أو قرص قليل السمك. فلو كنا في ذاك القرص، فإننا سنرى النجوم بتراتيب عشوائية كما نراها الآن، حتى لو كانت مرتبة بانتظام ضمن القرص.

في عام 1750م، أصدر رايت كتاباً بعنوان *An Original Theory on New Hypothesis of the Universe* أو (نظرية مبتكرة عن افتراض جديد للكون). وكان أول من استعمل لفظة *Galaxy* أو «مجرة» لوصف المجاميع العملاقة للنجوم. بعدها بخمس سنوات، قدّم الفلكي والرياضي المشهور** إيمانويل كانت Immanuel Kant ترتيباً مماثلاً للنجوم ضمن عنقود قرصي عملاق.

قرأ الفلكي الإنجليزي وليام هيرشل William Hershel (المولود عام 1738م) نظرية مواطنه رايت بشغف. وفي عام 1785م، قرر هيرشل استعمال الطرق الإحصائية لحساب عدد النجوم. لم يستطع تعدادها جميعاً بالطبع، فقام باختيار 683 منطقة صغيرة عشوائية من السماء وبدأ بتعداد النجوم في كل واحدة منها مستعملاً تلسكوباً بقطر 48 إنشاً– وكان يعتبر تلسكوباً عملاقاً آنذاك. سرعان ما أيقن هيرشل أن عدد النجوم لوحدة مساحة السماء يزداد باضطراد كلما اقتربنا من درب التبانة حيث وصل ذروته هناك (إن عدد النجوم لوحدة مساحة السماء في أدناه عند الاتجاهات المتعامدة على درب التبانة).

** و أيضاً فيلسوف و ميتافيزيقي ألماني. يعتبر من أبرز مفكري عصر التنوير (**1724–1804**م) – المترجم.

عاد هيرشل إلى نظريتي رايت وكانت من جديد، مشترطاً صحة نتائج تعداده بتجمع النجوم في كتلة عدسية الشكل ومن ضمنها الشمس أيضاً. فكان أول من أضاف قياسات إحصائية لاكتشاف رايت بخصوص وجود وشكل المجرات.

حقائق طريفة: يبلغ قطر المجرة المركزية لعنقود ابيل المجرِّي 2029 (على بعد 1070 سنة ضوئية) حوالي 5600000 سنة ضوئية، أي تكبر مجرتنا درب التبانة بثمانين ضعفاً.

طبيعة الكهرباء

The Nature of Electricity

سنة الاكتشاف 1752م

ما هذا الاكتشاف؟ جميع أنواع الكهرباء هي ذاتها

من المكتشف؟ بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تعتبر الكهرباء واحدة من أعظم مصادرنا للطاقة ومن المصادر الطبيعية القليلة. فكانت تجارب فرانكلين بمثابة أولى المغامرات العلمية إلى طبيعة واستعمالات الكهرباء والتي كشفتها على طبيعتها الحقيقية. كما نشرت البساط للعديد من التطورات العلمية والهندسية خلال القرن التاسع عشر وكذلك للانفجار التطوري الذي شهده حقل التطبيقات الكهربائية بعد ذلك- كالبطاريات والمحرِّكات والمولّدات والمصابيح...الخ.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كل ما كان يُعرف عن الكهرباء في منتصف القرن الثامن عشر، أنها على نوعين: ساكن جذّاب وصاعق قاتل. كان بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin أول عالم يجري تجارب كهربائية جادة عام 1746م. كما وكان أول من توقع أن الساكن والصاعق شكلان مختلفان للشيء ذاته.

أجرى فرانكلين تجاربه باستعمال أوعية لايدن- أوعية زجاجية كبيرة مملوءة بالماء للنصف ومغلّفة بصفائح قصديرية من الداخل والخارج. وقد امتد قضيب خلال عازل قطني من فوهة الوعاء إلى عقدة معدنية. وعندما كان يُشحن وعاء لايدن بذراع يدوي، فإن كل من يمسك بالعقدة كان يشعر بوخز كهربائي.

توَّصل فرانكلين إلى طرق لمضاعفة كمية الطاقة الكهربائية التي تولدها أوعية لايدن، وأوجد طريقة لربطها بالتسلسل بحيث يمكنها مجتمعة أن تحمل شحنة قاتلة من الكهرباء.

و خلال إحدى عروضه أمام أصدقائه عام 1752م، لامست يد فرانكلين العقدة المعدنية للوعاء بالخطأ، فتفاجأ الجميع بانتقال وميض أزرق مدوٍ من العقدة إلى يده، فدفع به

مسافة للوراء وأوقعه أرضاً. أدرك فرانكلين حينها أن هذه الرجة المدوّية كانت نسخة مطابقة لبرق راعد.

قرر فرانكلين إثبات أن الساكن والصاعق من الكهرباء سيّان وذلك بتصميم دائرة كهربائية شبيهة بوعاء لايدن تسمح بانتقال الكهرباء من الغيوم كما انتقلت إلى وعاء لايدن من قبل.

صنع فرانكلين دائرته من سلك معدني رقيق مثبَّت بطائرة ورقية (لجمع الكهرباء من الغيوم) ومربوط بفتيل الطائرة. وكان يفترض أن تسري الكهرباء من خلال الفتيل إلى مفتاح حديدي كبير مربوط بأسفله، بينما رَبط الطرف الآخر للمفتاح إلى شريط حريري غير موصل يمسكه بيده. وهكذا سوف تنحصر الكهرباء بالمفتاح، كما انحصرت بوعاء لايدن سابقاً.

و لما هبَّت عاصفة هوجاء بعد أسابيع قلائل، هرع فرانكلين إلى طائرته الورقية. وتحت هزيم الريح العاتية وإرعاد الغيوم الماطرة، التوت الطائرة في الهواء وتمزَّقت بعيدة كالثور الهائج.

ثم حدث ما حدث. لا، لم يصدم برق راعد الطائرة الورقية كما أُشيع، ولم يمت فرانكلين كما مات عالم فرنسي آخر محاولاً إعادة تجربته بعد بضعة أشهر. بل ما حدث فعلاً في ذلك العصر العاصف أن الفتيل ومض وميضاً أزرقاً خافتاً، وانتفشت أليافه. وكان فرانكلين قادراً على رؤية الكهرباء وهي تتقاطر خلال الفتيل وكأنها مادة سائلة.

مدَّ فرانكلين يده بحذر تجاه المفتاح. يا للهول! قفزت شرارة إلى إصبعه وصدمته– كما حصل له مع وعاء لايدن بالضبط*.

الساكن والصاعق كلاهما واحد إذن– الكهرباء السائلة!

---

* ذُكرت هذه التفاصيل من قِبل جوزيف بريستلي بعد 15 عاماً. إذ كان معروفاً عن رجل الدولة و الدبلوماسي و الثائر و الكاتب و المخترع الأمريكي بنجامين فرانكلين (المرسومة صورتُه على فئة المائة دولار أمريكي) أنه لم يطالب ببراءة لأي من اختراعاته العديدة كمانعة الصواعق و العدسات الثنائية البؤرة و آلة الهارمونيكا الموسيقية و القسطرات البولية المرنة و الموقد المعروف باسمه. إذ كتب في سيرته الذاتية قائلاً: «كما نستمتع نحن من الفوائد العظيمة لاختراعات غيرنا، يجب أن نفرح بفرصة خدمة الآخرين بأي ابتكار منا، و هذا يجب أن نفعله مجاناً و بكرم»– المترجم.

كان التطبيق العملي لتجربة فرانكلين هو اختراعه لمانعة الصواعق، التي أنقذت الآلاف من المساكن والبشر على مر القرون اللاحقة. والأهم من هذا، أن عمل فرانكلين قد ألهم علماء آخرين أمثال فولتا وفاراداي وأورستيد وآخرين في القرن التاسع عشر لتكملة مشواره في فك أسرار طبيعة الكهرباء.



حقائق طريفة: معروف عن باباي Popeye استعماله للسبانغ في تقوية عضلاته. أما علماء اليوم فيرون في السبانغ مصدراً لتوفير الطاقة الكهربائية. فالمواد الكيميائية المستنبطة من تركيب السبانغ هي ضمن المواد المستعملة لصنع الخلية الشمسية التي تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

تسيطر المحيطات على الطقس العالمي

Oceans Control Global Weather

سنة الاكتشاف 1770م

ما هذا الاكتشاف؟ بضخ كميات هائلة من الحرارة خلال المحيطات، تسيطر التيارات المحيطية الواسعة على الطقس والمناخ على اليابسة

من المكتشف؟ بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يعتبر تيار الخليج في المحيط الأطلسي الأهم بين التيارات المحيطية بالنسبة للأرض. فهو بمثابة محرِّك حراري كبير، محمَّل بكميات هائلة من المياه الحارة نحو الشمال لتدفئة قارة أوربا. وقد حدد للرحلات الاستكشافية والتجارة المحيطية مسالكها وأنماطها، ويُعتقد أنه كان عاملا حاسما في تحديد بداية العصور الجليدية. أخيراً، يُعد الأساس في فهم أنماط النقل العالمي والعلاقات المتداخلة للمحيطات والطقس والمناخ.

كان رجل الدولة والمخترع والعالم الأمريكي بنجامين فرانكلين أول من أجرى تحقيقاً علمياً بشأن تيار الخليج واكتشف أهميته لطقس ومناخ العالم. افتتح عمله هذا دراسة علمية لمواضيع مثل تيارات المحيط، حرارة المحيط، تفاعل تيارات المحيط مع الرياح، وتأثير تيارات المحيط على المناخ. باختصار، تعتبر اكتشافات فرانكلين بداية لعلم دراسة المحيطات الحديث.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اضطلع بنجامين فرانكلين برسم خريطة لتيار الخليج gulf stream بهدف التسريع من الملاحة المحيطية. ولكنه أكمل عليه باكتشاف أن تيارات المحيط تمثل عاملاً مهماً في السيطرة على المناخ والطقس بالعالم.

سبق للبحَّارة الاسكندينافيين الأوائل أن لاحظوا وجود تيارات محيطية سطحية خلال رحلاقم في المحيط الأطلسي. ويعود لكل من كولومبوس* Columbus وبونس دي

* كرستوفر كولومبوس (1451–1506م) الرحالة الإيطالي الشهير الذي اكتشف العالم الجديد (أمريكا) تحت التاج الاسباني يوم 12 تشرين الأول (أكتوبر) عام 1492م – المترجم.

ليون** Ponce de Leon الفضل في وصف تيار الخليج على امتداد شاطئ فلوريدا وفي المضيق الفاصل بين فلوريدا وكوبا. بينما لاحظ آخرون تيارات شمال الأطلسي على مر القرون اللاحقة. لكن لم يقم أي منهم بجدولة هذه التيارات وتسجيلها على خرائط خاصة أو بربط الرؤى الفردية وجمعها في سياق واحد منتظم.

تقدَّم المسؤولون البريطانيون في بوسطن بشكوى تحريرية إلى لندن عام 1769م مدَّعين فيها تأخير السفن البريطانية الصغيرة (المسؤولة عن نقل الركاب والرسائل إلى المستعمرات الأمريكية) في عبورها الأطلسي متخلفة عن السفن التجارية الأمريكية بأسبوعين. فسمع المندوب الأمريكي في لندن آنذاك، بنجامين فرانكلين، بالخبر– ورفض تصديقه. فهذه السفن بالذات صغيرة وسريعة في الحركة، كما أنها تمتلك طاقماً أكثر احترافاً قياساً بالسفن التجارية الثقيلة لرود آيلند***.

استشار فرانكلين ربّان سفينة تجارية من رود آيلند كانت تلقي بحمولتها في لندن آنذاك. فأكد له الربّان صحة ما حدث لأن التجار البحريين الأمريكان تعلموا عن مجموعة من صيادي الحيتان في رود آيلند ما يسمى بتيار الخليج، والذي هو عبارة عن تيار ينتقل بسرعة 3 م/ثا من نيويورك ونيوانجلند شرقاً نحو انجلترا. فعرف الربابنة الأمريكان كيف يميلون شمالاً أو جنوباً برحلات غربية تلافيا لملاقاة هذا التيار القوي.

قرر فرانكلين التحقق من الأمر. لكنه لم يجد أية إشارة لتيار الخليج على أي من الخرائط المعنية، ولا في دفاتر الإرشاد الملاحي البريطانية. فبدأ بلقاء التجار وصائدي الحيتان من رود آيلند مستفيداً من خبراتهم في تسجيل وتخطيط تيار الخليج. كان صائدو الحيتان الأكثر إلماماً بمسار تيار الخليج نظراً لتجمع الحيتان على امتداد حوافه.

و بحلول عام 1770م، حضّر فرانكلين خرائط وأوصاف مفصلة لهذا التيار. لم تصدقه البحرية البريطانية بدورها ورفض بحارتها الاطّلاع على معلوماته القّيمة والعمل بها****. ومع

** بونس دي ليون (1460–1521م) رحالة اسباني رافق كولومبوس في رحلته الثانية للعالم الجديد اكتشف فلوريدا عام 1513م خلال بحثه عن بئر الشباب الأسطورية – المترجم.

*** من المستعمرات البريطانية الثلاثة عشرة التي شكّلت الولايات المتحدة الأمريكية، و اصغر ولاية من حيث المساحة –المترجم.

**** ربما يعود ذلك لعدم ثقة الجانب البريطاني بفرانكلين الذي بدأت أفكاره الداعية لأمريكا متحدة تتبلور تحت ضغط الأحداث التي شهدتها هذه الفترة، بينما كان مؤمناً بإمبراطورية بريطانية مكوَّنة من أمم ذاتية الحكم لدى أول قدومه إلى لندن. صدق البريطانيون في مخاوفهم، إذ التحق فرانكلين

تزايد التوتر بين بريطانيا والمستعمرات الأمريكية عام 1773م، فضّل فرانكلين حجب معلوماته عن البريطانيين.

قام فرانكلين بقياس قراءات منتظمة لحرارة المياه خلال كافة رحلات عبوره للأطلسي. وبحلول عام 1783م، كان قد أنجز ثمانيَ رحلات اختط لمساراها جميعاً بدقة مع تحديد قراءاته الحرارية على خريطة السفينة.

و في أخر رحلة له من فرنسا إلى أمريكا، طلب فرانكلين من ربان السفينة اقتفاء حافة تيار الخليج، مما أدى إلى إبطاء مسار الرحلة نتيجة لتأرجح السفينة، مستعملاً حرارة المياه الدافئة داخل التيار وحرارة المياه الباردة خارجه لتحديد حدوده.

كما سمح الربان لفرانكلين بقياس درجات الحرارة السطحية وتحت السطحية (20-40 فاثوما*****). وكان فرانكلين أول من قاس عمق (و بالتالي حجم) تيارات المحيط.

اكتشف فرانكلين أن تيار الخليج يصب كميات هائلة من المياه الحارة (الحرارة) من مناطق الكاريبي المدارية إلى شمال أوربا لتدفئة مناخها. وبدأ بدراسة العلاقة بين الرياح والتيار وبين تيارات المحيط والطقس. خلال النشرات المختصرة التي كتبها في وصف بياناته عن تيار الخليج، جذب فرانكلين انتباه واهتمام العلماء لتيارات المحيطات وتأثيرها على المناخ الأرضي.

كان وصف فرانكلين لتيار الخليج الأكثر تفصيلاً لحين عام 1814م عندما نشر العالم الألماني ألكسندر فون همبولت Alexander von Humbolt كتابه عن تيار الخليج استناداً على قياسات 20 رحلة عبور له للمحيط الأطلسي. تمثل هاتان الدراستان بداية لعلم دراسة المحيطات الحديث.

حقائق طريفة: إن تيار الخليج أكبر من أنهار المسيسبي والنيل والكونغو والأمازون والفولغا واليانغتزي مجتمعة.

بالثورة لدى اندلاعها و بوصفه سفيراً جديداً في فرنسا، ضمن الدعم الفرنسي للثورة الأمريكية الذي كان عاملا رئيساً في تحقيق الاستقلال – المترجم.

***** الفاثوم هي وحدة قياس لعمق البحار مقدارها 6 أقدام –المترجم.

الأوكسجين

Oxygen

سنة الاكتشاف 1774م

ما هذا الاكتشاف؟ ؟ أول غاز يُفصَل ويُعرَّف كعنصر فريد
من المكتشف؟ جوزيف بريستلي Joseph Priestley

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

أشعل اكتشاف بريستلي للأوكسجين فتيل ثورة كيميائية. فكان أول شخص يستنبط عنصراً غازياً واحداً من خليط الغازات المعروف بـ«الهواء»، في حين كانت الاكتشافات العلمية فيه مقتصرة على المعادن. وباكتشافه أن الهواء ليس منتظماً كَما أُشيع، جعل بريستلي من الغازات والهواء مادة دسمة للدراسة.

نظراً لكون الأوكسجين عنصراً محورياً في عملية الاشتعال، فقد أدى اكتشاف بريستلي إلى فهم معنى أن يحترق شيئاً ما في المفهوم العلمي وكذلك فهم تحويل المادة إلى طاقة عبر تفاعلات كيميائية.

و أخيراً، قدَّم بريستلي عملية بسيطة ولكن جذابة ومؤثرة في تحليل الغازات الجديدة والعناصر الغازية المعروفة. ما كان شكله؟ هل يمكن أن يحرق (شمعة أولاً ثم شظايا خشبية)؟ هل سيُبقي على حياة فأر؟ هل يُمتَص في الماء؟

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان حضرة جوزيف بريستلي Joseph Priestley المبجَّل مهتماً بالهواء أكثر من واجباته الكنسية. ولا عجب، فالهواء واحد من العناصر التقليدية الأربعة (مع النار والماء والتراب) المذكورة في الكتاب المقدس. ولكن ما ابتغاه بريستلي كان مختلفاً تماماً– فقد أراد معرفة تركيب الهواء.

كتب علماء آخرون عن صنعهم لغازات جديدة بشكل فقاعات خلال تفاعلاتهم الكيميائية. فوصفها بعضهم بـ« الغازات الغير الأليفة» التي استجمعت ضغطا كافيا لتفجير الأوعية المختبرية الزجاجية ومضاعفة احتراق الخشب، لكن دون أن يفلح أي منهم في استخلاص ودراسة هذه الغازات الجديدة.

تصاعدت وساوس بريستلي بهذا الخصوص، ووجد نفسه مضطراً لاقتفاء ودراسة هذه الغازات الغريبة المتوحشة.

في أوائل عام 1774م، قرر بريستلي أن الطريقة الوحيدة لعزل ودراسة هذه الغازات الجديدة هي بحصرها تحت الماء في وعاء زجاجي مقلوب مملوء بالماء ومفرغ من الهواء.

فعزم على البدء بحرق مادة الزئبق الصلب *mercurius calcinatus* ومن ثم دراسة الغاز الذي قيل أنه سينتج عن التفاعل.

في الأول من آب (أغسطس) سنة 1774م، استعمل بريستلي عدسة مكبرة قوية لتركيز ضوء الشمس على قنينة تحتوي على بودرة من مادة الـ *mercurius calcinatus*. وكانت القنينة مسدودة بواسطة سداد فليني، مع وجود أنبوب زجاجي يربطها بحوض غسيل مليء بالماء يحتوي على أوعية زجاجية مملوءة هي الأخرى بالماء ومقلوبة على قاعدة سلكية شبكية. كان أنبوب بريستلي الزجاجي ينتهي تحت الفوهة المفتوحة لإحدى القناني بحيث تتصاعد الغازات المنبعثة وتنحصر في الوعاء الزجاجي ذاك.

عندما سخن بودرة الزئبق الصلب، بدأت فقاعات واضحة بالتصاعد من نهاية الأنبوب الزجاجي، وبدأ الوعاء بالامتلاء. حصد بريستلي ثلاثة قنانٍ من الغاز ليكون بذلك أول إنسان يصطاد هذا الغاز المريب. ولكن ما كان ذلك الغاز؟

رفع بريستلي إحدى القناني بحذر من الماء، ووضع شمعة متقدة تحت فوهته مباشرة. فتحول الضوء الخافت حول فتيل الشمعة إلى كتلة متوهجة من النار. فعلاً، صدق من قال أن بمقدور هذا الغاز الغريب أن يجبر المواد على الاحتراق بشدة.

قلبَ بريستلي وعاءاً جديداً مملوءاً بالهواء الاعتيادي على الشبكة السلكية بجانب وعاء ثانٍ يحتوي على الغاز الغامض. فوضع فأراً في كل منها، وبدأ يراقب. كافح الفأر الموضوعٍ بقنينة الهواء الاعتيادي في تنفسه بعد 20 دقيقة، في وقت ارتاح فيه جاره في قنينة الغاز الغامض بتنفسه ولمدة فاقت 40 دقيقة!

لم يجد بريستلي ما هو أفضل من تسمية «الغاز النقي» لوصف هذا الغاز المدهش. وقام برفع وعاء من «الغاز النقي» بحذر من حوضه، ثم وضع أنفه بفوهة الوعاء الواسعة، فلاحظ ازدياداً في خفقان قلبه. أخيراً، وهو مغمض العينين، استجمع شجاعته وأستنشق بكامل قواه. لم يشعر جوزيف بأي اضطراب غير طبيعي في تنفسه. فجرب ثانية، وعلى العكس،

شعر بالكثير من الراحة والحيوية هذه المرة. وبقي تنفسه سَلِساً وخفيفاً بشكل ملحوظ بعد ذاك.

على أية حال، تكفل عالم آخر من باريس يدعى أنطوان لافوازيه Antoine Lavoisier بتسمية غاز بريستلي النقي اسمه المعروف اليوم: الأوكسجين*.

حقائق طريفة: بغياب الأوكسجين، تبدأ عملية الموت البيولوجي في غضون 3 دقائق. ولا يزال بطل العالم في الغوص بيبين فيراراس Pipin Ferreras يحتفظ بالرقم القياسي لمسك النَفَس بمقدار 8 دقائق و58 ثانية.

---

* اشتقاقاً عن الإغريقية بمعنى "مولد الحموضة"، لأن لافوازيه ظن خطأً أن هذا الغاز يدخل في تركيب جميع الأحماض – المترجم.

البناء الضوئي

Photosynthesis

سنة الاكتشاف 1779م

ما هذا الاكتشاف؟ تستعمل النباتات ضوء الشمس في تحويل ثاني أوكسيد الكربون بالهواء إلى مادة نباتية جديدة

من المكتشف؟ يان إنغينهاوس Jan Ingenhousz

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

البناء الضوئي هي العملية التي تقود الإنتاج النباتي في جميع أنحاء الأرض، كما وتنتج معظم ما نستنشقه من أوكسجين في الهواء. تعتبر النباتات وعملية البناء الضوئي عناصر رئيسة في دورة الأوكسجين الضرورية لحياة الإنسان والثدييات الأخرى.

باكتشاف عملية البناء الضوئي، ساهم يان إنغينهاوس في إثراء فهمنا لوظيفة النباتات على الأرض ووسَّع من مدارك أولي العلم في فهم غازين جويين أساسيين: الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون. كما وتدين العلوم لحديثة للهندسة النباتية والمحاصيل لهذا العالم بتأسيسهما.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد يان إنغينهاوس Jan Ingenhousz بمدينة بريدا الهولندية عام 1730م. وبعد إتمام دراسته للطب، قَفَلَ راجعاً إلى مسقط رأسه -بريدا- لمزاولة حياته المهنية.

اكتشف جوزيف بريستلي الأوكسجين عام 1774م وأجرى تجارب مثيرة على هذا الغاز الغير المرئي الجديد. ففي إحداها، قام بريستلي بإدخال شمعة متَّقدة إلى وعاء يحتوي على الأوكسجين النقي، وأبقى على اشتعالها لحين استُنفد جميع الأوكسجين وانطفأت الشمعة تلقائياً. ودون السماح بدخول أي هواء جديد إلى الوعاء، أدخل إليه بريستلي غصينات من النعناع الطافية في قدح ماء، وذلك ليستطلع فيما لو أن نبات النعناع سيموت في هذا الهواء «السيئ». لكن عاش النعناع على خلاف توقعه! بعد شهرين، وضع فأرا في الوعاء، فعاش بدوره- دلالة على إرجاع نبات النعناع للأوكسجين إلى داخل الوعاء. ولكن لم تنجح هذه التجربة مع بريستلي دائماً، فسلَّم بأنها لغز محيِّر وانتقل إلى تجارب أخرى.

قرأ إنغينهاوس عن تجارب بريستلي عام 1777م، فراقته وسلبت له لبه. قرر بعدها أن يحقق ويشرح في لغز بريستلي.

خلال العامين التاليين، أجرى إنغينهاوس ما يقارب 500 تجربة، واضعاً في نظر الاعتبار جميع المتغيرات والاحتمالات الممكنة. فابتكر طريقتين للحصول على الغاز الذي ينتجه النبات، تقضي إحداها بحصر النبات في حجرة مغلقة، والثانية في غمره بالماء.

استعمل إنغينهاوس كلتا الطريقتين، لكنه رأى من الأسهل جمع ودراسة الغاز المتجمع تحت الماء على شكل فقاعات صغيرة. وفي كل مرة يجمع فيها الغاز المنتَج من قِبل النبات، كان يحقق فيما لو كان مساعداً لاشتعال لهيب الشمعة (الأوكسجين) أم مساعداً لإخماده (ثاني أوكسيد الكربون).

اندهش إنغينهاوس بجمال وتناسق اكتشافه. يستنشق الإنسان الأوكسجين ويتخلص من ثاني أوكسيد الكربون، بينما تقوم النباتات بعكس العملية نوعاً ما. إذ قامت النباتات المعرَّضة لضوء الشمس بامتصاص ثاني أوكسيد الكربون المطروح من قِبل الإنسان وأنتجت الأوكسجين النقي لنا لنستنشقه، في حين قامت النباتات الموجودة في الظل أو أثناء الليل بعكس العملية. فكانت تتصرف كالبشر، تمتص الأوكسجين وتنتج ثاني أوكسيد الكربون.

بعد مئات التجارب، أوضح إنغينهاوس بأن النباتات تنتج كميات من الأوكسجين أكبر بكثير من امتصاصها له. فكانت النباتات المغمورة في الماء تنتج كميات مستمرة من الأوكسجين على شكل فقاعات عند تعريضها لضوء الشمس المباشر، بينما توقف إنتاج الفقاعات أثناء الليل. أما النباتات المتروكة لفترات طويلة في الظلام، فأنتجت غازاً قادراً على إخماد اللهب.عندما نقلت النباتات ذاتها إلى ضوء الشمس المباشر، أنتجت غازاً حوَّل جمرة متقدة إلى جحيم مستعر– أنتجت الأوكسجين من جديد.

أظهر إنغينهاوس اعتماد إنتاج الغاز على ضوء الشمس، واستمر بتجاربه معلناً عدم إنتاج النباتات لأية كتلة جديدة (ورقة أو جذع أو غصن) بامتصاص المادة من التربة (كما ظن الآخرون)، إذ لم تفقد التربة أياً من كتلتها مع نمو النبات. فأستنتج بأن النمو الجديد للنباتات مصدره ضوء الشمس. تقوم النباتات،إذن، بأخذ ثاني أوكسيد الكربون من الهواء وتحوله إلى مادة تركيبية جديدة بوجود ضوء الشمس.

اكتشف إنغينهاوس عملية البناء الضوئي، مبرهناً أن النباتات تكوّن كتلة جديدة لها « من الهواء» بتثبيت ثاني أوكسيد الكربون مع ضوء الشمس. ونشر نتائجه عام 1779م

بكتاب اسماه *Experiments Upon Vegetables* أي «تجارب على الخـــضراوات». أما لفظة *Photosynthesis*، المشتقة عن الإغريقية بمعنى «البناء الضوئي»*، فقد أُبتدعت لاحقاً بسنوات.

حقـائق طريفـة: تنمو بعض أنواع الخيزران بمعدل 91 سم (3 أقدام) باليوم. بإمكانك رؤيتها أثناء نموها!

---

* قد يكون معروفاً لكثير منا أن هذه العملية تُجرى بواسطة صبغة الكلوروفيل **chlorophyll** بالأســـاس، لكن ما لا يعرفه الكثيرون أن هنالك تشابهاً تركيبياً بينه و بين هيموغلوبين الدم عند الحيوانات. إذ كلاهمـــا مشتق عن الـــ(بورفرين) مع احتواء الكلوروفيل على المغنيسيوم بدل الحديد الموجود بـــالهيم (أمـــر مـــثير للانتباه!) – المترجم.

حفظ المادة

Conservation of Matter

سنة الاكتشاف 1789م

ما هذا الاكتشاف؟ تبقى الكمية الكلية للمادة (الكتلة) ثابتة دائماً بغض النظر عن التغييرات الكيميائية والفيزيائية الطارئة

من المكتشف؟ أنطوان لافوازيه Antoine Lavoisier

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كان لافوازيه أول كيميائي يؤمن بمبدأ الـ *measurement* أي«القياس» قبل وبعد التجارب، في حين كان من أسلفه من الكيميائيين يعتمد على الـ *observation* «المراقبة» والـ *description* «الوصف» للتفاعلات التجريبية. بقياسه الدقيق لوزن المواد، اكتشف أن المادة لا تُفنى ولا تُستحدَث خلال التفاعل الكيميائي ولكن قد تتغير من حالة لأخرى. لا يزال العلماء يستعملون هذا المبدأ كل يوم ويسمونه «حفظ المادة».

كما وأرسى عمل لافوازيه لأسس وقواعد علم الكيمياء الحديث. عمل لافوازيه كثيراً على المواد الغازية، معطياً للأوكسجين اسمه المعروف (في حين اكتشف جوزيف بريستلي الأوكسجين واسماه الغاز النقي)، ومكتشفاً أن الأخير يشكل 20% من الغلاف الجوي. يعتبر لافوازيه بحق أباً للكيمياء الحديثة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في ربيع عام 1781م، ترجمت زوجة الفرنسي أنطوان لافوازيه Antoine Lavoisier، السيدة ماري، نشرة علمية للعالم روبرت بويل من اللغة الإنجليزية إلى اللغة الفرنسية. جاء في هذه النشرة وصف لتجربة على مادة القصدير لاحظ فيها بويل تغيراً غير مبرر لوزن القصدير لدى تسخينه. أقتنع بويل-أسوة بمعظم العلماء الآخرين- بأن الوزن الزائد قد «استُحْدِث» خلال تجربته الكيميائية.

سخر لافوازيه من افتراض الاستحداث أو الفقدان الغامض للكتلة (الوزن) خلال التفاعلات الكيميائية. وأقتنع بأن الطريقة التجريبية التقليدية للكيميائيين كانت غير وافية بالغرض، حيث أعتمد الكيميائيون على «المراقبة» و«الوصف» الدقيقين للتغييرات الطارئة

على المواد خلال إجراء تجارهم، بينما طالب لافوازيه بتسجيل ما يمكن قياسه. وكان الوزن من الخصائص التي طالما استطاع قياسها.

قرر لافوازيه إعادة تجربة بويل، وبالتالي قياس الوزن بدقة واكتشاف مصدر الوزن الزائد. فوضع صفيحة صغيرة من القصدير على كفة ميزانه الرقيق وقاس وزنه. ثم وضع الصفيحة في دورق زجاجي مقاوم للحرارة وسدَّ فتحته ضمانا لتضمين التفاعل بأكمله داخل الدورق. قاس وزن الدورق (و الصفيحة التي تحتويه) قبل وبعد تسخينها. ولاحظ اكتساء الصفيحة بطبقة ثخينة من الكلس (على شكل بقعة رمادية فاتحة) لدى تسخينها– كما وصف بويل تماماً في تجربته.

الآن، أطفأ لافوازيه المسخّن وأنتظر الدورق حتى يبرد ثم قاس وزنه من جديد. لم يتغير وزن البوتقة قط. فحاول لافوازيه استطلاع ما جرى، وفتح البوتقة مؤدياً إلى دخول سريع للهواء كما لو أن هناك فراغاً جزئياً. رفع أنطوان الصفيحة المكسوة بالكلس وقاس وزنها. فلاحظ ازدياد وزنها بمقدار غرامين (كما حصل في تجربة بويل).

استنتج لافوازيه أن الوزن سببه الهواء داخل البوتقة وهو ما يفسر الدخول السريع لهواء جديد عند فتحها. اكتسبت صفيحة القصدير غرامين في وزنها لدى امتزاجها بالهواء لتكوِّن طبقة الكلس. وعند فتح البوتقة، دخل غرامان جديدان من الهواء لاستعاضة الهواء الممتص في تكوين الكلس.

أعاد لافوازيه التجربة مستعملاً صفيحة أكبر من القصدير. ولكن بقيت كمية الهواء الممتصة في طبقة الكلس هي ذاتها– غرامان اثنان. كرر التجربة للمرة الثالثة وقاس حجم الهواء الممتص في تركيب الكلس، فوجده 20% من إجمالي الهواء داخل الدورق. فاستنتج بأن 20% فقط من الهواء يمكنه الارتباط مع القصدير. وأدرك بأن هذه الـ20% لا بد أن تكون « الهواء النقي» الذي اكتشفه بريستلي عام 1774م، وأسماه لافوازيه «الأوكسجين».

و بإجرائه لتجارب أخرى أيقن لافوازيه بأنه اكتشف ما هو أهم من ذلك بكثير. أعتقد بويل بإمكانية «استحداث» الوزن– أو المادة– خلال تجارب كيميائية، ولكن أثبت لافوازيه بأن المادة لا تُستَحدث ولا تُفنى بواسطة تفاعل كيميائي. فهي تأتي دوماً من مكان ما وتذهب لمكان ما يمكن للعلماء الاهتداء إليه فيما لو اعتمدوا على قياسات دقيقة.

لقد تم اكتشاف المبدأ المهم لحفظ المادة. لكن دون أن ينشره لافوازيه لغاية إصـــداره مُؤَلَّفه الكيميائي المعروف عام 1789م.

حقـائق طريفـة: سُمِّيت كوكبة الكور Fornax الشهيرة تكريما للكيميائي الفرنسي أنطوان لافوازيه الذي أُعدم بالمقصلة إبّان الثـــورة الفرنـــسية عـــام 1794م.*

---

* أطلقها دي لاكيل نسبة إلى الكور (الفرن) الذي أوضح فيه صديقه لافوازيه المفهوم العلمي للاحتــــراق، و الذي قُطع رأسه ظلماً من قبل رجالات الثورة بتهمة العمل لصالح الملكية. رثاه الرياضي لاجرانج (الـــذي كان أحد الواشين به) ندما بقوله الشهير: «لزمتهم لحظة فقط لقطع رأس يمكن ألّا تجود فرنسا بمثله قرناً من الزمان». بعد عام و نصف، أصدرت الحكومة تبرئة بحقه و لكن بعد أن راح أبو الكيمياء في أوج عطائـــه وهو لم يتجاوز الخمسين – المترجم.

طبيعة الحرارة

The Nature of Heat

سنة الاكتشاف 1790م

ما هذا الاكتشاف؟ ؟ تأتي الحرارة من الاحتكاك، لا من خاصية كيميائية داخلية ما لكل مادة

من المكتشف؟ الكونت رمفورد Count Rumford

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

آمن العلماء بأن الحرارة عبارة عن سائل غير مرئي عديم الوزن يدعى *Caloric* «السعري». فالأشياء الحارة محشوة بالسعري، وينتقل السعري من البارد للحار. كما وآمنوا بوجود مادة غير مرئية أخرى تدعى *phlogiston* «الفلوجستون» مسؤولة عن عملية الاحتراق، وتدخل في تكوين المواد القابلة للاحتراق. فبحرقها، يتحرر الفلوجستون إلى الهواء، وينتهي الحريق بفقدان جميع مَعينها من الفلوجستون.

حالت هذه المعتقدات الخاطئة دون فهم العلماء لطبيعة الحرارة والأكسدة (بضمنها عملية الاحتراق)، و عطلت تقدم علوم الفيزياء كثيراً، حتى جاء الفرج على يد بينجامين ثومسون، الذي أسمى نفسه الكونت رمفورد، فحطَّم هذه الخرافات واكتشف مبدأ الاحتكاك الذي أدى إلى فهم صحيح لطبيعة الحرارة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1790م كان الكونت رمفورد Count Rumford (37 عاماً) يعمل في خدمة ملك بافاريا* كمستشار عسكري. وكجزء من واجباته، كان مسؤولاً عن صنع السلاح المدفعي الملكي.

من مواليد ماساشوسيتس باسم بنجامين تومسون Benjamin Thomson، عمل رمفورد جاسوسا بريطانيا خلال حرب التحرير الأمريكية، ثم تجسس على البريطانيين لصالح البروسيين، وأخيراً، فرَّ إلى بافاريا عام 1790م مغيِّرا أسمه إلى الكونت رمفورد**.

---

* هي أكبر ولايات ألمانيا و تضم العاصمة ميونيخ – المترجم.

كان مصنع المدافع مكاناً كثير الصخب، دائم الضجيج. فهنا تُطرق أطر العجلات المعدنية وأقواس الامتطاء، وهناك تصدر الخزانات الكبيرة صفيراً حاداً وبخاراً كثيفاً منبعثاً من الصفائح المعدنية المتوهجة أثناء تبريدها في المياه اللزجة داخلها.

و في أحد أجنحة المصنع، كانت المدافع الكبيرة تُطرق وتُلحم، كما وكانت المعادن المذابة تُصب في قوالب عملاقة- الكثير منها بطول 12 قدما وعرض 4 أقدام. في حين عملت الخرّامات الكبيرة على قلع لب سبطانات المدافع الواحدة تلو الأخرى.

لما كانت حديدة الخرّامات تسخن بشكل خطير أثناء عملها، فإن المصنع كان مزوداً بجداول من الماء لتبريدها ومنع تلفها وإذابتها. فيصدر صفير خاص وينبعث بخار متموج من سبطانات المدافع باتجاه السقف العلوي للمصنع، حيث كان يتكثف ويتقطر على العمال من تحت.

بإحدى زياراته، أدرك رمفورد أن كميات كبيرة من الحرارة قد تسربت إلى الهواء والماء من سبطانات المدافع. وكان العلماء يعتقدون حينذاك بأنه كلما ازدادت المادة سخونة، يزداد محتواها من السعري. فقد تحرر السعري إذن إلى كل مكان بالمصنع ليسخن كل ما يلامسه.

تعجب رمفورد كيف لهذه الكمية الهائلة من السعري (الحرارة) أن تنبعث من معدن سبطانة مدفع واحد- خصوصاً وأن سبطانات المدافع بدت باردة فعلاً عند بدأ عملية خرمها!

قرر رمفورد أن يستطلع كم من السعري احتوته كل سبطانة وأين يُخزن. فصّمم جرناً كبيراً لجمع كل الماء المُنصَبِّ من سبطانة المدفع خلال تخريمها، بغية قياس الزيادة في حرارتها.

أمر رمفورد باستعمال خراطيم المياه الإضافية أيضاً لرش الخرامات أثناء عملها تلافياً لتكوين البخار- إذ لم يرد أن يفلت أي جزء من السعري على شكل بخار لا يقدر على حصره وقياسه.

** حياة الكونت رمفورد مليئة بالتناقضات في الحقيقة، لعل آخرها رحيله من بافاريا إلى فرنسا و زواجه المفاجئ من أرملة العالم أنطوان لافوازيه، السيدة ماري لافوازيه، و الذي لم يدم طويلاً بسبب إلحاح الأخيرة على التمسك باسم زوجها الأول، أغلب الظن – المترجم.

بدأت عملية التخريم بزعقات مدوية. وبينما بدأت خراطيم المياه في رش حديدة الخرّامات مؤدية إلى توهجه، انساب وابل من المياه الساخنة بعمق ثماني إنشات خلال الجرن الضيق ماراً أمام الكونت ومحاريره.

جفل الكونت في مكانه. لقد أنسابت كمية من السعري من سبطانة المدفع تلك أكثر مما يمكن أن يتخيله حتى في أغرب أحلامه. بل لا تزال تجري أمامه بدرجة تفوق الخمسين على المقياس السيليزي.

و أخيراً انقبضت أسارير الكونت أمام شيء ما خاطئ يحدث ذلك اليوم. لقد فقدت سبطانة المدفع تواً كمية من السعري (الحرارة) تكفي أن تحوّله إلى جحيم من المعدن السائل بآلاف الدرجات السيليزية. لقد بدا له مستحيلاً أن يحتفظ هذا المعدن بكل هذا المخزون من السعري.

راقب رمفورد العمال وهم يعودون إلى تشغيل خرّاماتهم والعمل مجدداً، وأدرك بأن ما شاهده عبارة عن «حركة». فأثناء حركة حديدة الخرّامة على معدن السبطانة، تتولد الحرارة. تتحول الحركة إلى حرارة، إذن!

نسميه اليوم الاحتكاك *friction* ونعرف أنه من المصادر الأولية للحرارة. ولكن في عام 1790م، لم يصدق أحد بنظرية الكونت رمفورد الجديدة عن حرارة الاحتكاك وتزمتوا بمفهوم السعري لخمسين سنة أخرى.



حقائق طريفة: يُعزى للاحتكاك مع جسيمات الهواء احتراق الشهب والنيازك لدى دخولها الغلاف الجوي. وهو الاحتكاك ذاته الذي أجبر الناسا على تبليط قاع كل مكوك فضاء بمئات من البلاط السيراميكية العازلة للحرارة. وكان فشل إحدى هذه البلاط سبباً لانفجار مكوك كولومبيا *Columbia* عام 2004م.

تعرية الأرض

Erosion of Earth

سنة الاكتشاف 1792م

ما هذا الاكتشاف؟ ؟ يتشكَّل سطح الأرض بفعل قوى جبارة تعمل ببطء واستمرار على بنائه وتعريته
من المكتشف؟ جيمس هَتون James Hutton

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كان علماء القرن الثامن عشر لا يزالون يؤمنون بأن سطح الأرض بقي على حاله لحين حدوث كوارث جسيمة (لعل أشهرها فيضان نوح) غيَّرت وجه كوكبنا بشكل جذري ومفاجئ. فحاولوا جاهدين فهم تراكيب سطح الكوكب من خلال البحث عن هذه الأهوال القليلة. أدت محاولات دراسة الأرض وتأريخه وعمره استناداً على هذا المفهوم إلى أفكار طائشة وبعيدة تماماً عن الصواب.

اكتشف جيمس هَتون بأن سطح الأرض في تغير مستمر بطيء- فالأرض تتطور كالكائنات الحية التي تحتضنها. واكتشف العمليات التي تبني سطح الأرض وتقوِّضه بالتدريج، مما ساعدنا على فهم عمر كوكبنا الأم ومهَّد لظهور علوم الأرض بحلتها الجديدة المعروفة الآن.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

خلال الثمانينيات من القرن الثامن عشر، قرر الطبيب المشرف على التقاعد صاحب السبعة والخمسين عاماً والمزارع (والجيولوجي الهاوي) جيمس هتون James Hutton أن يحاول التطوير في الافتراضات الغريبة التي تقدَّم بها العلماء الآخرون عن عمر الأرض. فبدأ بدراسة صخور بلاده إسكوتلندا ليرى إن كان قادراً أن يستشفَّ منها حقيقة أوضح عن عمر الأرض.

تذرَّع الرجل الطويل النحيل تلال بلاده الخضراء الشديدة الانحدار بخطوات مترنحة متباعدة، وسرعان ما شكك بصحة النظرية الجيولوجية المعروفة بالـ *catastrophism* أو «الكارثية»، مؤداها أن جميع التغيرات الطارئة على سطح الأرض سببها تغيرات عنيفة

مفاجئة (كوارث)- «الفيضانات الجبارة نحتت الوديان في ساعات. قوى اللّـي الدافعة الجبارة أرست الجبال بين ليلة وضحاها». أدرك هَتون أن لا حدث كارثي يمكنه أن يفسر وجود تلال شديدة الانحدار ووديان متعرجة كالتي رآها ودرسها تواً.

أن تنادي بخطأ نظرية معروفة شيء، ولكن أن تبرهن خطأها أو تقترح نظرية بديلة أفضل تفسيراً لطبيعة سطح الأرض شيء آخر تماماً. وسَّع هَتون من نطاق بحثه محاولاً اكتشاف القوى الفعلية وراء تكوين التلال والجبال والوديان والهضاب على سطح الأرض.

في أواخر ذلك الصيف، وصل هَتون إلى جدول مائي صغير ينحدر من واد سحيق شديد الانحدار. دون تفكير، انحنى والتقط ملء قبضته من الحصى والرمل عند قاع الجدول. ولما غربل هذه الحصى الصغيرة بين أصابعه، أدرك أنها انجرفت مع تيار الماء وتفتتت أثناءها إلى قطع أصغر فأصغر. فموطنها ليس هنا، بل هناك في مكان ما من على سلسلة المرتفعات المقابلة.

كان جدول الماء يحمل التراب والأحجار من قمة التل إلى قاع الوادي. وهو بذلك يعيد صياغة منحدَر التل- لكن ببطء، حبَّةً حبَّة، يوماً بيوم وليس بالعنف والكارثية التي وصفها الجيولوجيون.

أدرك هَتون أن الأرض قد تشكلت ببطء وليس بين ليلة وضحاها. فمياه الأمطار المنحدرة من التلال تجرف معها أجزاء من التربة والصخور، فتصبها في جداول، تأخذها بدورها إلى السهول.

تيارات الماء حفرت الأرض جداولَ وأخاديدَ وودياناً على أقل من مهلها. وعلى نفس الوتيرة حفرت الريح التلال. فقوى الطبيعة تشق الأرض وتسوِّيها في كل صوب وحدب، تاركةً جراحها مفتوحة تحت رحمة قوى أخرى تعقبها، وهكذا دواليك على مر قرون لا تحصى من عمل دؤوب لا هوادة فيه من فعل الرياح والمياه.

ثم توقف فجأة. لو كان ما أفترضه صحيحاً، فلم لم تهدم الطبيعة الأرض تماماً لحد الآن؟ لمَ لمْ تندثر الجبال والتلال؟ لا بد أن تكون هنالك قوة أخرى تبني الأرض على نقيض قوى الطبيعة الهدّامة. ظل جيمس هَتون متجوِّلاً ومفكِّراً في هذه المسألة لأيام. ما الذي بنى الأرض؟ وأخيراً راودته فكرة ما: إن الحرارة في لب الأرض تبني الجبال والتلال وذلك بدفعها نحو الأعلى.

أرسيت سلاسل الجبال عاليةً بقوة دفع حرارة الأرض لها، بينما تقوم الرياح والمياه بتعريتها وإنزالها من جديد. وبدون بداية أو نهاية حقيقية، فإن هاتين القوتين تتضادان في توازن ديناميكي على مر دهور (باعتبارها المقياس الزمني الحقيقي للدراسات الجيولوجية).

بهذا الاكتشاف العظيم، غيَّر جيمس هَتون نظرة الجيولوجيين إلى الأرض وعملياتها إلى الأبد، كما وغيَّر تماماً الحس البشري حول تقدير المقياس الزمني اللازم لحدوث هذه التغيرات جمعاء.

حقائق طريفة: قبل ملايين السنين الغابرة، عرَّت المياه الجارية سطح المريخ، تاركة الأخاديد والضفاف وقيعان الأنهار اليابسة التي رآها العلماء هناك. أما الآن، فإن الغلاف الجوي للمريخ من الرقة ما يحول دون احتفاظه بالماء السائل. فكوب الماء في المريخ سيتبخر حالاً ويختفي محمَّلاً على الرياح الشمسية هناك.

التلقيحات

Vaccinations

سنة الاكتشاف 1798م

ما هذا الاكتشاف؟ يمكن حماية الناس من المرض وذلك بحقنهم بجرعات خفيفة من ذات المرض الذي يحاولون تجنب الإصابة به.

من المكتشف؟ السيدة ماري وورتلي مونتاغو Wortley Montagu Lady Mary وإدوارد جينر Edward Jenner

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

هل سبق وأصبت بالجدري؟ شلل الأطفال؟ التيفوئيد؟ ربما لا.

على أية حال، تعوَّدت البشرية يوماً ما على الإصابة بهذه الأمراض المعدية بشكل وبائي كثيراً ما كان يوصف بالطاعون –و الذي لم يكن بدوره بريئاً من الفتك بالمجتمعات البشرية على غرار سابقاته. ويعزى لهذه الأوبئة قتل ما يقارب نصف سكان أوربا خلال القرنين الرابع عشر والخامس عشر الميلاديين.

كانت المحصلة السنوية لضحايا الجدري وحده 100000 قتيل ولقرن كامل من الزمان، تاركاً بصماته على ملايين أخرى من المشوَّهين، بينما فتك وباء الأنفلونزا عام 1918 بـ25 مليون من البشر في كافة أصقاع المعمورة. أما شلل الأطفال، فقتل الألوف في مطلع القرن العشرين وعوَّق ملايين آخرين.

اكتشاف بسيط واحد لم يحد من انتشار هذه الأوبئة الفتّاكة فقط، بل أزالها تماماً عن الوجود. يتمثل هذا الاكتشاف بالتلقيحات، حيث أنقذت حياة الملايين ومحت كميات لا عد لها من المعاناة والألم في عالمنا. أطفال أمريكا اليوم يُلقَّحون نظامياً ضد ما يقارب 15 مرضاً مختلفاً.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

انتقلت السيدة ماري وورتلي مونتاغو Lady Mary Wortley Montagu ذات الأربعة والعشرين ربيعاً والشاعرة الإنجليزية المعروفة، للعيش في تركيا عام 1712م وذلك برفقة زوجها لدى تعيينه سفيراً لبريطانيا هناك. لاحظت السيدة ماري أن سكان

تركيا الأصليين لم يعانوا من الجدري، ذلك المرض المخيف الذي شوه من هيئتها وفتك بعشرات الألوف من بني جلدهًا كل عام.

ملاحظة أخرى جلبت انتباه حرم السفير المصون، ألا وهي ممارسة النساء الريفيات العجائز لعادة تسمى «التطعيم». ففي وقت سخر فيه من سبقها من البريطانيين من هذه العادة باعتبارها من المراسيم القبلية الساذجة، شككت السيدة ماري في كون هذا الحدث السنوي سبباً لمناعة أهل البلاد ضد مرض الجدري.

كان على العوائل الريفية القرار فيما لو أن أياً من أفرادها يجب أن يُصاب بالجدري تلك السنة. فكانت تأتي امرأة عجوز تحمل معها قشرة جوز مليئة بالسائل الملوّث بالمرض، فتفتح أحد أوردة المتطوع بإبرة مغمّسة بالسائل وسط تهليل ورقص العائلة.

أما الشخص المصاب فكان يلزم السرير ليومين أو ثلاثة معانياً من حمى خفيفة وطفح بسيط، ثم يستعيد كامل عافيته، بل ويتقي شر إصابة خطرة بالجدري في المستقبل. تساءلت ماري في إمكان وقاية الانجليز من الجدري بطريقة التطعيم هذه.

لدى عودهًا إلى بلادها عام 1713م، ألقت السيدة ماري محاضرات عن الفوائد المحتملة للتطعيم. فنبذها قومها باعتبارها امرأة غير متمرسة و«سخيفة». في أوائل عام 1714م، استمعت كارولين Caroline أميرة ويلز لإحدى خطب السيدة ماري، فقررت تجريبها على المُدانين واليتامى.

جمعت السيدة ماري القيح المستنبط من حوصلات الجدري للمرضى المصابين وحقنت كميات قليلة من السائل القاتل في أجسام الأشخاص المجربين عليهم. فكانت نسبة الوفاة عند هؤلاء أقل من ثلث المجموع العام، بينما أصابت نسبة خمسة أضعاف منهم بحالات طفيفة عابرة دون تتكون عندهم بثور المرض.

لكن كانت هنالك مشكلة في التطعيم. إذ كان تلقيح فيروسات حية للجدري خطراً وبالتالي توفي بعض المرضى جراء عمليات التلقيح التي ابتغت حمايتهم بالأساس.

على صعيد آخر، لاحظ الجراح الإنجليزي الشاب إدوارد جينر Edward Jenner عام 1794م أن مربيات الأبقار من قريته لم يصبن بالجدري إطلاقاً، في حين أصبن جميعاً بجدري البقر الذي كان يقتصر على ظهور حوصلات صغيرة على اليدين. أفترض جينر أن جدري البقر من نفس عائلة جدري البشر وأن الإصابة بالأول تقي إصابة قاتلة بالثاني، على غرار عملية التطعيم.

جرَّب جينر نظريته على 20 طفلا بحقنهم بالسائل المستنبط من حوصـــلات جـــدري البقر عند إحدى مربيات الأبقار المصابات بقريته. فأصاب كل طفل بجدري البقـــر علـــى شكل حوصلات مؤلمة على اليدين والقدمين دامت بضعة أيام.

بعدها بشهرين، حقن جينر كل طفل سابق بسوائل تحتوي على إصابات حيـــة مـــن جدري البشر. فلو كانت نظرية جينر خاطئة، لمات العديد من الأطفال الآن. ولكن علـــى العكس تماماً، لم يُبدِ أي منهم أية أعراض لمرض الجدري الخطير.

ابتكر جينر* لفظة *vaccination* أي «التلقيح» لوصف هذه العملية في معرض إعلان نتائجه عام 1798م. فمقطع *vacca* مشتق من كلمة لاتينية بمعنى «البقرة»، أما *vaccinia* فتعني «جدري البقر».

حقائق طريفة: أعلنت منظمة الصحة العالمية WHO إزالة الجـــدري** عام 1979م، فعقَّب الرئيس الأمريكي جورج بوش الأب على هذا الحدث التاريخي بقوله «منذ ذلك العام لم تتقص السلطات أية حالة طبيعية للمرض في العالم أجمع».

---

* هنالك بعض الدعاوي تفيد بأن جينر لم يكن السبّاق إلى فكرة استعمال سوائل جدري البقر للوقاية من جدري البشر. على أية حال، خير ما يقال في هذا السياق هو ما قاله الطبيب الكندي وليـــام أوســـلر (الذي يعده الكثيرون أبا للطب الحديث) في معرض دفاعه عن جينر: "في العلم، لا يُكرَّم أول من يفكر، بل أول من يقنع العالم". أتمنى أن لا يكون كلامه قد طال السيدة مونتاغو، فقد نفذت الفكرة بطريقة أخرى! — المترجم.

** يفتخر الأطباء اليوم كونهم قاب قوسين أو أدنى من تحقيق إزالة كاملة لعدوَّين آخـــرين، همـــا: شـــلل الأطفال و مرض دودة غينيا (درانكلوسيس) — المترجم.

الأشعة تحت الحمراء و فوق البنفسجية

Infrared and Ultraviolet

سنة الاكتشاف 1800 و1801م

ما هذا الاكتشاف؟ ؟ تشع الطاقة من الشمس والنجوم الأخرى خارج الطيف المرئي الضيق للألوان

من المكتشف؟ فريدريك هيرشيل Frederick Herschel (تحت الحمراء) ويوهان ريتر Johann Ritter (فوق البنفسجية)

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تشّكل الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية أجزاء رئيسة من تطورنا العلمي على مر القرنين المنصرمين، بينما لم يتطرق أحد لحين عام 1800م إلى احتمال وجود الإشعاع خارج النطاق الضيق الذي تتداركه العين البشرية. وسع اكتشاف الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية من مجال الرؤية العلمية خارج حدود الضوء المرئي إلى حيث الطيف الإشعاعي بأكمله، ابتداء من الموجات الراديوية وانتهاء بأشعة غاما.

تعد الأشعة تحت الحمراء مفتاحاً للعديد من الاكتشافات الفلكية، بالإضافة إلى استعمال علوم الأرض لها في قياس الحرارة بمختلف الدراسات- اعتباراً من درجات حرارة المحيط ولغاية صحة الغابات. كما أن متحسسات الأشعة تحت الحمراء تعتبر الأساس في عمل صفارات تنبيه السرقة وإنذارات الحريق وغيرها من أجهزة التقصي الخاصة بالشرطة وفرق الإطفاء. اكتشف العلماء إمكانية الجهاز البصري للعديد من الطيور والحشرات على تقصي الأشعة تحت الحمراء. أما الأشعة فوق البنفسجية، فقد سمحت بفهم أفضل للإشعاع الشمسي وللأجزاء العالية الطاقة من الطيف- بضمنها الأشعة السينية والأشعة الدقيقة وأشعة غاما.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد فريدريك هيرشل Frederick Herschel بمدينة هانوفر الألمانية عام 1738م. منذ صباه، عُرِفت عنه موهبة خاصة بالموسيقى والفلك. فهو ذاته الذي اكتشف كوكب أورانوس عام 1781م، ليكون بذلك أول كوكب يُكتشف على مر ألفي عام تقريباً.

بأواخر عام 1799م، بدأ هيرشل دراسة لضوء الشمس.كان عـادة مـا يـستعمل مرشِّحات ألوان لغرض فصل أجزاء الطيف الضوئي، فلاحظ سخونة بعض هذه المرشحات أكثر من قرينالها خلال دراساته تلك.

تبيانا لهذه الرؤية، صمَّم هيرشل موشوراً كبيراً للغاية، ووجَّه الطيف الضوئي الـصادر منه على جدار بعيد في غرفة مظلمة وقاس الحرارة داخل كل من هذه الحزم الضوئية الملونة على حدة. فتعجب من ملاحظة ارتفاع الحرارة باضطراد من منطقـة اللـون البنفـسجي (الأبرد) حتى بلغت أقصاها عند منطقة اللون الأحمر. ثم فجأة خَطَرَ له أن يضع محـراراً في الفراغ المظلم عند أقصى اليمين بجوار الحيز الأحمر (بعد الطيف الضوئي مباشرة).

كان حريّاً بالمحرار أن يحافظ على برودته طالما أنه لا يقع ضمن أي حيز ضوئي مباشر. ولكن هذا لم يحدث قط، بل سجل المحرار الدرجة العليا قياساً.

أفترض هيرشل المذهول أن الشمس تشع موجات حرارية علـى امتـداد الموجـات الضوئية وأن هذه الأشعة الغير المرئية تنكسر بدرجة أقل قليلاً خلال مرورها بالموشور قياساً بأشعة الضوء. ولم تنقض سوى أسابيع، ليذهل هيرشل أمام حقيقة أخرى– فأشعة الحـرارة هذه تنكسر وتنعكس وتنحني و....... الخ من الخصائص المعروفة للضوء. ونظراً لموقعهـا تحت حيز الضوء الأحمر، أسماها هيرشل *infrared* أي «الأشعة تحت الحمراء».

ولد يوهان ريتر Johann Ritter هو الآخر بألمانيا وأصبح فيلسوفاً في علم الطبيعـة. كان ضمن معتقداته الراسخة أن هناك اتحاداً وتناظراً في الطبيعة وبأن جميع قـوى الطبيعـة يمكن أن تُعزى إلى قوة واحدة أساسية، هي الأوركرافت *Urkraft*.

في عام 1801م، قرأ ريتر عن اكتشاف مواطنه هيرشل للأشعة تحت الحمراء بـشغف، إذ سبق له أن عمل على دراسة تأثير ضوء الشمس على التفاعلات الكيميائية كما وعمـل في حقل الكيمياء الكهربائية (تأثير التيارات الكهربائية على المواد والتفاعلات الكيميائية). لاحظ ريتر خلال دراساته تلك تأثير الضوء على كلوريد الفضة، حيث يتحول لون هـذه المادة الكيميائية من الأبيض إلى الأسود لدى تعريضها لضوء الشمس (و هو ما أصبح فيمـا بعد أساساً للتصوير الفوتوغرافي).

قرر ريتر إعادة تجربة هيرشل، لكن ليستطلع فيما لو أمكن لكل لون من ألوان الطيف اسوداد مادة كلوريد الفضة بالدرجة ذاهًا. فقام بصبغ قطع من الورق بمادة كلوريد الفضة، وكرر خطوات هيرشل بغرفة مظلمة، ولكن بدل قياس الحرارة عند كل لون من الطيـف،

قاس ريتر الزمن الذي استغرقه اسوداد قطع الورق عند كل لون على حدة. فلاحظ أن اللون الأحمر بالكاد يغيِّر من لون مادة كلوريد الفضة، في حين يعتبر اللون البنفسجي الأسرع في ذلك.

و على غرار هيرشل، قام ريتر بوضع ورقة أخرى مَطليّة بمادة كلوريد الفضة في المنطقة المظلمة خلف حزمة اللون البنفسجي، فاسوَّدت الورقة بأسرع مدة قياسية! رغم عدم تعرض هذه الورقة للضوء المرئي، فإن (إشعاعاً) ما قد أثر فيه وغيَّر من لونها. إذن، اكتشف ريتر الأشعة فوق البنفسجية *ultraviolet* على نفس الشاكلة التي اكتشف بها مواطنه هيرشل الأشعة تحت الحمراء.

حقائق طريفة: يستعمل جهاز التحكم عن بعد للتلفاز الأشعة تحت الحمراء لضبط الصوت أو تغيير المحطة.

التخدير

Anesthesia

سنة الاكتشاف 1801م

ما هذا الاكتشاف؟ دواء يُستخدم أثناء العمليات الجراحية يسبب فقدان إحساس المريض بالألم

من المكتشف؟ همفري دايفي Humphry Davy

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

مهّد التخدير لجراحة آمنة وجعل العديد من العمليات الجراحية عملية حقاً ومعقولة. فالضرر الذي كان يسببه الألم للمريض جراء العملية كان عادة من الخطورة بحيث حال دون إجراء الأطباء للعديد من العمليات الجراحية، كما وحال دون استشارة العديد من المرضى للمعونة الطبية اللازمة لهم.

بدّد التخدير الكثير من الألم والخوف والقلق والمعاناة لدى المرضى خلال معظم الإجراءات الجراحية– سواء العامة منها أو تلك المتعلقة بجراحة الأسنان، كما وأتاح للمهنة الطبية فرصتها في تطوير وتعديل عمليات جراحية أنقذت حياة أعداد لا تحصى من البشر.

يعتبر علم التخدير اختصاصا طبياً أساسياً الآن، ويحظى بمركز مرموق في كل صالة للعمليات. ومع احتمال تطوير أدوية وطرق تخديرية جديدة في العقود القادمة، فإن هذا الجانب من الطب سيظل ملازما لنا إلى الأبد.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اشتُق اسم التخدير *anesthesia* من اللغة الإغريقية بمعنى «انعدام الإحساس»، وقد ابتكره أوليفر ويندل هولمز Oliver Wendell Holmes (والد رئيس القضاة بالمحكمة العليا الأمريكية بنفس الاسم) وذلك عام 1846م. على أية حال، عُرف مفهوم التخدير قبل آلاف السنين. فقد زاول الأطباء الصينيون القدامى ممارسة طريقة الوخز بالإبر التي تمنع انتقال أحاسيس الألم إلى الدماغ. بينما استعمل الإغريق والمصريون القدماء اليبْروح* (جذور نبات الماندراغورا) لتحفيز حالة من اللاوعي، وكانت تلك الطريقة

* نبات ينتمي للفصيلة الباذنجانية لطالما ارتبط بقضايا السحر و الشعوذة عند الشعوب القديمة – المترجم.

الفضلى للأطباء الأوربيين خلال القرون الوسطى. أما الرقاة في حضارة الأنكــا، فكــانوا يمضغون أوراق الكوكايين ويبصقون بعصارتها في الجروح لتخيف ألم مرضاهم.

تبارى ثلاثة من علماء القرن التاسع عشر على المطالبــة بحــق ابتكــارهم للتخــدير الحديث، فلم يستحق أحد منهم هذا الشرف لأن همفري دايفي Humphry Davy كان قد ناله تواً.

كان طبيب التوليد الإسكوتلندي السير يونغ سيمبـــسون Sir Young Simpson أول من يستعمل الكلوروفورم. فقد لاحظ أن المرضى الذين استنشقوا نفحات قليلة مـــن الغاز (حيث كانت تُوضع قطعة من القطن المغمَّس بالكلوروفورم تحت الأنف) سريعاً مــا تتم تهدئتهم وبالتالي يفقدون وعيهم. لم يجلب استعماله للدواء أي اهتمام يُذكَر لحين عــام 1838م حين طلبته الملكة فيكتوريا Queen Victoria لحضور ولادتها لسابع أطفالها.

شهد الكلوروفورم أوسع رواج له خلال الحرب الأهلية الأمريكية، حيــث جــرت العادة بتسويق قطن الجنوب الأمريكي إلى انجلترا وتبديله بالأدوية –بضمنها الكلوروفورم– الذي عُدَّ من المقومات الأساسية التي تزخر بها خِيَم العلاج الميدانية للأطبــاء الجنــوبيين. حافظ الكلوروفورم على بعض شعبيته بعد الحرب –خصوصاً في الجنوب– لحــين تطــوير الأدوية المصنَّعة في مطلع القرن العشرين.

كان الطبيب بولاية جورجيا كراوفورد لونغ Crawford Long أول من اســتعمل الإيثر خلال العمليات الجراحية. إذ أزال وَرَما بعنق قاضٍ محلي يــدعى جــيمس فينابــل James Venable تحت تأثير الإيثر، فتكلّلت العملية بالنجاح ولم يشعر القاضي بــأي ألم البتة. لكن لم يكلف لونغ نفسه عناء الإعلان عن نجاحه ذاك في وقته.

بعدها بعامين استغل جراح الأسنان هوراس ويلس Horace Wells ملاحظة لونغ بفائدة الإيثر التخديرية خلال إحدى عملياته الجراحية، إلّا أنه أوقف الغاز مبكراً بالخطــأ، فنهض مريضه المسكين وهو يصرخ من الألم. استهزأ الجمع المحتشد من الأطبــاء لحــضور العملية من الموقف وحكموا على مطالبات ويلس بفوائد الايثر خدعة لا تنطلي عليهم.

بعدها بعام (1845م)، أعطى طبيب أسنان آخر من بوسطن الإيثر مجالاً جديداً لإثبات قدراته التخديرية. وفعلاً جرت العملية التي أجراها وليــام مورتــون William Morton بسلام، ولكن دون أن تتبنى أمريكا– وبالتالي أوربا– استعمال الأيثر رسميا كمادة تخديريــة

أساسية إلا بعد نجاح ثاني عملية علنية لمورتون وبعد نشر الأخير لمقالات عدة يصف فيها مناقب مادة الإيثر وقدراتها التخديرية.

على أية حال، لم يكن أي من هؤلاء الثلاثة الأولَ في اكتشاف التخدير الطبي الحديث. فقد شهد عام 1801م قيام العالم الإنجليزي همفري دايفي Humphry Davy بتجارب على الغازات حضّر من خلالها مادة أوكسيد النتروز باتحاد غازي النتروجين والأوكسجين. جرَّب دايفي على هذا الغاز العديم اللون وأخذ منه بضع استنشاقات عميقة، ووصف حاله بعدها بفترة من الشعور المتزايد بالغبطة والانشراح أعقبتها نوبة لا إرادية من الضحك ثم البكاء لحين فقدان وعيه.

أسمى دايفي اكتشافه غاز الضحك ولاحظ ميله لتجريده من الإحساس بالألم، فأوصى باستعماله للأغراض التخديرية في المجال الجراحي. رغم نكران الوسط الطبي لاكتشاف دايفي حينذاك، إلا أنه يُعد أول تحضير وتجريب علمي لمادة مخدِّرة.

حقائق طريفة: يعود استعمال العبارة الإنجليزية الشائعة « biting the bullet»** أو «عض الرصاصة» إلى الأيام التي سبقت استخدام تقنية التخدير في سوح القتال. فالعض على المادة الرخوة للرصاصة كان يؤدي إلى امتصاص ضغط العض دون إتلاف أسنان الجنود.

** تُستعمل في اللغة الإنجليزية للدلالة على قبول عواقب خيار أو موقف صعب، أو الإذعان لأمر بات محتوما –كقولهم مثلاً، «سائقو السيارات يعضون الآن على الرصاص بعد غلاء أسعار الوقود»، أي قبلوا الوضع عن كره و امتعاض – المترجم.

الذرات

Atoms

سنة الاكتشاف 1802م

ما هذا الاكتشاف؟ ؟ الذرة هي الجسيم الأصغر في الوجود لأي عنصر كيماوي

من المكتشف؟ جون دالتون John Dalton

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تعتمد العوالم الحديثة للفيزياء والكيمياء على معرفة ودراسة عالم الـذرات. ولكـن لم يستطع أحد رؤية الذرة على حقيقتها لحين اكتشاف المجهر الإلكتروني عام 1938م. قبلـها بقرون، عُرفت الذرة بشكل جيد وكانت جزءاً هاماً من البحث الكيميائي والفيزيائي. كان جون دالتون من عرَّف الذرة متيحاً لزملائه العلماء الفرصة للبحث الجاد على هذا المستوى الدقيق. الذرة هي أصغر جزء من أي عنصر واللبنة الأساسية للمادة، إذ تُـبنى المركبـات الكيميائية جميعها من ارتباطات ذرية.

نظراً لكون فهم الذرة أساساً لفهم الكيمياء والفيزياء بـاختلاف تـشعباهما، فـإن اكتشاف دالتون يُعد من نقاط التحول الهامة في الحقل العلمي، كما وقلّد صاحبه لقب أب علم الفيزياء الحديث على حد رأي الكثيرين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في القرن الخامس قبل الميلاد، افترض كل من ليوسيبوس من ميليتوس Leucippus of Miletus وديموقريطس من أبديرا Democritus of Abdera إمكانية تفتيت المادة إلى قطع أصغر فأصغر. فأطلقا على ذلك الجزء الذي لا يمكن تفتيته إلى قطع أصغر اسم *atom* أو «الذرة». استعمل غاليليو ونيوتن لفظة الذرة بنفس مدلولها السابق، أما روبرت بويـل وأنطوان لافوازيه فكانا أول من استعمل لفظة *element* أو «عنـصر» لوصـف مـادة كيميائية حديثة الاكتشاف. كان كل هذا العمل، على أية حال، مبنياً على نظرية فلـسفية عامة، وليس على المراقبة والإثبات العلميين.

ولد جون دالتون John Dalton عام 1766م بالقرب من مدينة مانشستر الإنجليزية ونشأ وسط عائلة متزمتة من جماعة الأصحاب*. بحرمانه من تعليم مدرسي نظامي، قضى دالتون 20 سنة في دراسة علم الأرصاد الجوية والتدريس بكليات دينية. بنهاية هذه الفترة المذكورة، التحق بالمجمع الفلسفي وقدم نشاطات كثيرة في هذا المجال، تتضمن تقارير عن البارومتر، المحرار، الهيغرومتر، تساقط المطر، تكوين السحب، التبخر، رطوبة الجو وتكوين الندى. تضمن كل تقرير بدوره نظريات جديدة ونتائج بحثية متطورة.

سرعان ما ذاع صيت دالتون كونه صاحب تفكير إبداعي خلّاق، وتفرغ تماماً للبحث العلمي.في عام 1801م، حوَّل اهتمامه من دراسة غازات الجو إلى عالم التفاعلات الكيميائية، دون أن تحول شحة خبرته وممارسته للكيمياء عائقاً بوجه بحثه المضني بهذا المجال.

كان ما يقارب الخمسين عنصراً قد اكتشف في ذلك الوقت- بين معادن وغازات ومواد غير معدنية. لكن توقف جميع علماء الكيمياء أمام مسألة أساسية لم يجدوا لها جواباً: كيف تتحد العناصر لتكوِّن ألوف المركَّبات التي توجد على سطح الأرض؟ فمثلاً، كيف يتحد غاز الهيدروجين مع غاز آخر هو الأوكسجين ليكوِّنا سائلاً هو الماء؟ بل الأدهى من ذلك، لِمَ يتحد غرام واحد بالضبط من الهيدروجين مع ثماني غرامات مضبوطة من الأوكسجين لتكوين الماء- ليس أقل ولا أكثر أبداً؟

درس دالتون كل ما أمكنه العثور عليه (أو خلقه) من تفاعلات كيميائية في محاولة منه للوصول إلى نظرية عامة توضح كيفية تصرف الجسيم الأساس لكل عنصر. فقارن أوزان المواد الكيميائية جميعاً وكذلك التراكيب الذرية المحتملة لكل عنصر في كل مركب. وبعد عام من الدراسة استنتج دالتون بأن هذه المركبات معرَّفة بنسب رقمية بسيطة حسب الوزن، وهو ما جعله يستنتج عدد جسيمات كل عنصر في مختلف المركبات المعروفة (كالماء، الإيثر... الخ).

افترض دالتون بأن كل عنصر مؤلف من جسيمات دقيقة غير قابلة للتفتيت وبأنها ذاتها التي تتحد مع مثيلاتها من عناصر أخرى لتكوين مركبات كيميائية. رغم استعماله

---

* جماعة الأصحاب Quakers هي فرقة بروتستانتية أسسها جورج فوكس في انجلترا عام 1625م احتجاجا على تسلط الدولة على الكنيسة وعلى بعض المعتقدات والطقوس التي اعتبرت ضربا من الارتداد إلى الكنيسة الكاثوليكية. اضطهدت اضطهادا شديدا فرحل كثير من أتباعها إلى العالم الجديد – المترجم.

الكلمة الإغريقية القديمة «الذرة» لوصف هذه الجسيمات، إلّا أنه أضفى عليها معنى كيميائياً محدداً.

أظهر دالتون أن جميع ذرات المادة لأي عنصر متطابقة، وبهذا يمكن لأي منها الاتحاد مع نظيراتها من العناصر الأخرى لتشكّل المركبات الكيميائية المعروفة، مع وجوب امتلاك كل مركب عدداً ثابتاً لا يتغير من الذرات لكل عنصر من العناصر المكونة له. كما وأستنتج بأن المركبات تتكون من أقل عدد ممكن من الذرات لكل عنصر، فالماء ليس H_4O_2 طالما أن صيغة H_2O هي أبسط وتحتوي على النسبة ذاتها لذرات الهيدروجين والأوكسجين.

كان دالتون أول من استعمل رموزاً حرفية (H,O....الخ) لتمثيل مختلف العناصر المعروفة. اعتنق العلماء نظريات واكتشافات دالتون على الفور، ثم ما لبثت أن تخطت حدود المكان والزمان. فلا زلنا ندرس مفهومه عن الذرة إلى يومنا هذا.



حقائق طريفة**: أصغر ذرة هي ذرة الهيدروجين، وتتألف من إلكترون واحد يدور حول بروتون واحد. أما أكبر ذرة في الطبيعة فهي ذرة اليورانيوم بـ92 إلكتروناً يدور حول نواة محشوة بـ92 بروتونا و92 نيوترونا. وقد صُنعت ذرات أكبر مختبرياً دون أن توجد بشكل حر في الطبيعة.

** لعل الأطرف أن أول تقرير علمي لدالتون لم يكن لا عن الجو و لا عن الذرة، بل عن مرض (عمى الألوان) الذي كان يعانيه، ليكون أول من أشار إليه. عاد دالتون إلى طفولته المفتونة بعلم النبات، فقد بدا له لون زهرة البريسم أزرقاً زاهياً حال قطفه، بينما تحول إلى الأصفر لما كان ينظر إلى الزهرة تحت ضوء الشمعة في البيت. ظن دالتون أن السبب في ذلك هو اللون الأزرق لسائل عينه، و ظلت هذه المسألة تربكه لحين آخر لحظة من حياته، حيث أوصى طبيبه بتشريح إحدى مقلتيه بعد وفاته. نزولا على رغبته، شرَّح الطبيب مقلة عين دالتون دون أن يعثر على أي سائل أزرق.

كُتب لهذا اللغز أن يعيش طويلاً. فبعد **150** عاماً من وفاته، قام فريق من الأطباء عام **1995**م بدراسة الحامض النووي من عيّنة من مقلة عين دالتون حافظ عليها مجمع علمي بمانشستر بطريقة غريبة. فاكتشفوا إصابة دالتون بنوع نادر نسبياً من عمى الألوان يدعى ديتروانوبيا **deuteroanopia**، لا يرى فيها المريض من الطيف إلا الأزرق و البنفسجي و الأصفر –المترجم.

الارتباط الكهروكيميائي

Electrochemical Bonding

سنة الاكتشاف 1806م

ما هذا الاكتشاف؟ الأواصر الجزيئية بين العناصر الكيميائية ذات طبيعة كهربائية
من المكتشف؟ همفري دايفي Humphry Davy

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

اكتشف دايفي بأن الأواصر الكيميائية بين الذرات المكوِّنة لجزيئة ما ذات طبيعة كهربائية. نحن نعرف الآن بأن الأواصر الكيميائية بين الذرات ناتجة عن الانتقال أو المشاركة بجسيمات مشحونة كهربائياً – الإلكترونات. أما في عام 1800م، فكانت فكرة تضمين الكيمياء لنوع من الكهربائية بمثابة اكتشاف راديكالي منقطع النظير.

افتتح اكتشاف دايفي الحقل الحديث للكيمياء الكهربائية،كما وأعاد تحديد النظرة العلمية للتفاعلات الكيميائية والكيفية التي ترتبط من خلالها الكيمياويات ببعضها البعض. وأخيراً، استفاد دايفي من مفهومه الجديد هذا في اكتشاف عنصرين جديدين (و مهمين)، ألا وهما : الصوديوم والبوتاسيوم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد همفري دايفي Humphry Davy عام 1778م بمحاذاة ساحل كورنوال المتعرج بإنجلترا. تلقى القليل فقط من التعليم المدرسي، في حين اعتمد على التعليم الذاتي في تثقيف نفسه. لما بلغ الصبا، تتلمذ على يد جراح ثم صيدلاني. ولكن تفتق اهتمامه الحقيقي بالعلم مع الكتابات الأولى للعالم الفرنسي أنطوان لافوازيه.

في عام 1798م تلقى دايفي عرضا من قبل الكيميائي الهاوي الميسور توماس بيدويس Thomas Beddoes للعمل ببريستول وذلك في مختبر أسسه الأخير، حيث تمتع دايفي بحرية مطلقة في اتباع أهوائه العلمية الكيميائية. فجرَّب على الغازات عام 1799م معتقدا بأن أفضل طريقة لفحص هذه المخلوقات الغير المرئية هي باستنشاقها. فكان أن استنشق غاز أوكسيد النتروز N2O و غاب عن الوعي، غير متذكر سوى لشعور من الانتعاش والحبور، فراج استعمال الناس للغاز في الحفلات تحت اسم «غاز الضحك». أما دايفي فقد

استعمل الغاز لغرض آخر، حيث قلع سن عقل له تحت تأثيره دون أن يشعر بـألم. ورغم تصريحه بهذا في مقال، إلا أن الطب فضّل الانتظار 45 سنة أخرى لتبنّي غاز أوكسيد النتروز كأول غاز مخدر.

كما جرّب دايفي على غاز ثنائي أوكسيد الكربون، وكاد أن يفقد حياته هذه المرة متسمماً باستنشاق هذا الغاز السام. وبوصفه منظّم عروض وسيما مهندما، تـألق دايفي بتمثيل عروض كبيرة لكل تجربة واكتشاف يحققه، وسط دهشة وذهول جمهوره ومعجبيه.

في عام 1799م، اخترع الايطالي اليساندرو فولتا Alessandro Volta البطارية وأحدث أول تيار كهربائي من صنع الإنسان في العالم. وفي عام 1803م أقنع دايفي صديقه ورب عمله بيدويس ببناء عمود فولتا (بطارية) عملاق مزوّد بـ110 صفيحة مزدوجة لغرض توفير قدرة أكبر.

حول دايفي جل اهتمامه إلى التجارب على البطاريات. فجرب معادن مختلفة بل وحتى الفحم لصنع الاليكترودين وعدداً مقارباً من السوائل المختلفة (كالماء والحوامض..الخ)– التي تسمى الالكترولايت – في ملأ الفراغ المحيط بصفائح البطارية.

في عام 1805م لاحظ دايفي تأكسد الكترود مصنوع من الزنك لدى ربط البطارية. كان ذلك تفاعلاً كيميائياً يحصل بوجود تيار كهربائي. ثم لاحظ حدوث تفاعلات أخرى على الكترودات أخرى. فأيقن دايفي بأن البطارية (تيار كهربائي) كانت تسبب حدوث تفاعلات كيميائية، ومن هنا بدأ فهمه للطبيعة الكهربائية للتفاعلات الكيميائية.

في أحد عروضه الفخمة عام 1806م، مرر دايفي تياراً كهربائياً قويا خلال الماء النقي وأظهر تكوُّن غازين اثنين فقط: الهيدروجين والأوكسجين. فقد تمزقت جزيئات الماء بفعل التيار الكهربائي، بما معناه أن للقوة الكهربائية القدرة على تفكيك الأواصر الكيميائية، وبالتالي استنتج دايفي بأن الأواصر الكيميائية لا بد أن تكون ذات طبيعة كهربائية بالأساس.

لقد اكتشف دايفي الطبيعة الأساسية للارتباط الكيميائي. فالأواصر الكيميائية كهربائية نوعاً ما. وكان هذا كفيلاً بإحداث تغيير جذري في نظرة العلماء لطريقة تكوُّن الجزيئات والأواصر الكيميائية.

دأب دايفي على تجاربه، ممرراً تيارات كهربائية من الكترود لآخر خلال كل مادة يعثر عليها تقريباً. وفي عام 1807م، جرّب قدرة بطارية جديدة مزودة بـ250 من صفائح

الزنك والنحاس على مادة البوتاس (الاشنان) الكاوية caustic potash ففصل عنصراً جديداً أشتعل بلهيب ساطع حال تكونه على الالكترود، فأسماه *potassium* أو «البوتاسيوم». وبعدها بشهر فصل دايفي عنصر الصوديوم* *sodium* أيضاً. فقد أستثمر اكتشافه العظيم في اكتشاف عنصرين جديدين مهمين.

حقائق طريفة: من التطبيقات الشائعة للارتباط الكهروكيميائي: قدور الطبخ. فالعملية تقضي باتحاد سطح مطلي بأكسيد الألمنيوم مع قاعدة من الألمنيوم الصافي فيتشكل سطح أملس خال من المسامات أصلب من الألمنيوم الصافي بـ400 ضعف.

---

* من المرجح أن اسم الصوديوم مشتق من كلمة «صداع» العربية، حيث راج استعمال مركب للصوديوم في علاج حالات الصداع في أوربا القرون الوسطى- المترجم.

وجود الجزيئات

The Existence of Molecules

سنة الاكتشاف 1811م

ما هذا الاكتشاف؟ الجزيئة هي عبارة عن مجموعة من الذرات المترابطة. تعرّف ذرة ما واحدة مما يفوق المائة عنصر كيميائي تشكل كوكبنا. ربط عدد من مختلف الذرات يكوّن جزيئة، والتي بدورها تعرّف واحدة من عدة آلاف من المواد التي يمكن تواجدها.

من المكتشف؟ أميديو أفوكادرو Amedeo Avogadro

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

إذا كانت الذرات اللبنة الأساسية لكل عنصر، فالجزيئات هي اللبنة الأساسية لكل مادة على سطح الأرض. تأخر العلماء كثيراً في تقدمهم العلمي نظراً لعجزهم عن التصور الدقيق لجسيمات بصغر الذرة أو الجزيئة. فافترض العديد منهم بأن جسيماً صغيراً (أسموه الذرة) يعتبر الأصغر على الإطلاق والوحدة الأساس لكل عنصر. لكن المواد التي حولنا لا تتكون من عناصر منفصلة. فكان العلماء في شطط من أمرهم حيال تفسير الطبيعة الأساسية للمواد.

قدَّم اكتشاف أفوكادرو لفهم مبدئي عن العلاقة بين جميع الملايين من المواد على سطح الأرض من جهة والقلة من العناصر الأساسية من جهة أخرى. كما وعدّل من نظرية كانت موجودة أصلاً مؤداها أن كل لتر من الغاز (بثبوت الحرارة والضغط) يحوي العدد ذاته من الجزيئات، مما سمح للعلماء بإجراء حسابات هامة على الغازات مع فهم أوسع لطبيعة جميع المواد. أصبح اكتشاف أفوكادرو من المحاور القياسية للكيمياء العضوية والغير العضوية وكذلك أساساً لقوانين الغازات وتطوير الكيمياء الكمية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في ربيع عام 1811م، كان الأستاذ الجامعي الشاب أميديو أفوكادرو Amedeo Avogadro (35 عاماً) جالسا في صفه متجهما بالنظر إلى التقريرين العلميين الموضوعين على الطاولة. كان أفوكادرو يدرّس العلوم الطبيعية بكلية فيرتشيلي في بلدة تورين الجبلية

الإيطالية. كان خمسة وعشرون طالبا يجلسون كل يوم في صف البروفيسور أفوكادرو وهو يلقي عليهم محاضرات ويناقشهم ويمتحنهم بكل ما راق له من جوانب العلم.

في ذاك اليوم بالذات، تلا أفوكادرو هذين التقريرين على طلاب صفه موضحاً أنه اكتشف لغزاً مهماً فيهما ومتحدياً إياهم في كشفه.

كان هذان التقريران وصفاً من كل من الكيميائي الإنجليزي دالتون والكيميائي الفرنسي غاي–لوساك Gay-Lussac لتجربة قام فيه كل منهما باتحاد ذرات الهيدروجين والأوكسجين لصنع الماء. وأوضحا بأن لترين اثنين من ذرات غاز الهيدروجين اتحدا مع لتر واحد من ذرات الأوكسجين ليتكون لتران اثنان من غاز بخار الماء. فدعا دالتون بأن هذه التجربة تثبت بأن الماء مؤلف من ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأوكسجين. كما ودعا غاي– لوساك من جانبه بإثبات هذه التجربة أن لتراً واحداً من أي غاز يحوي العدد ذاته من الذرات للتر الواحد من أي غاز آخر، بغض النظر عن كينونته.

عدت هاتان الدراستان بمثابة إنجاز كبير في حقل الكيمياء. ولكن من أول قراءة له، انزعج البروفيسور أفوكادرو من وجود تناقض مضجر.

فكل من دالتون وغاي– لوساك بدأ تجربته بلترين بالضبط من الهيدروجين مع واحد من الأوكسجين، وهو ما يساوي ثلاثة ألتار من الغاز، إلا أن الاثنين حصلا على لترين فقط من غاز بخار الماء. فلو كان لكل لتر من الغاز العدد ذاته من الذرات، فكيف إذن أمكن لجميع الذرات الموجودة بثلاثة لترات من الغاز أن تشغل لترين فقط من غاز بخار الماء؟

دق جرس كاتدرائية تورين إيذاناً بمنتصف الليل عندما وجد أفوكادرو ضالته. فدالتون وغاي– لوساك استعملا التعبير الخطأ. ماذا لو استبدلا كلمة «ذرة» بعبارة «مجموعة من الذرات المترابطة»؟

أبتكر أفوكادرو كلمة «جزيئة» *molecule*– وهي كلمة إغريقية تعني التنقل بطلاقة في الغاز– لوصف هذا «التجمع من الذرات المترابطة». ثم بدأ بتجريب معادلات مختلفة على الورقة لحين عثوره على طريقة لحساب جميع الذرات والجزيئات في تجربة كل من دالتون وغاي – لوساك.

فلو تضمنت كل جزيئة من الهيدروجين ذرتين من الهيدروجين وكل جزيئة أوكسجين ذرتين من الأوكسجين، ثم لو احتوت كل جزيئة من بخار الماء على ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأوكسجين – كما دعا العالمان السابقان، فإن كل لتر من الهيدروجين

وكل لتر من الأوكسجين سيحويان العدد ذاته من الجزيئات الموجودة في اللترين النــاتجين من بخار الماء (رغم اختلاف عدد الذرات المكونة لها)!

هكذا ومن غير لمس أنبوبة اختبار أو إجراء تجربة كيميائية من أي نــوع، اكتــشف أميديو أفوكادرو وجود الجزيئات ووضع القانون الغازي الأساسي - كل لتر مــن الغــاز يحوي العدد ذاته من جزيئات الغاز.



حقـائق طريفـة: أصغر جزيئة في الوجود هي جزيئة الهيدروجين - تتألف من إلكترونين وبروتونين فقط. أما الــDNA فيعتبر أكبر جزيئة موجودة في الطبيعة باحتوائها على أكثر من 4 بلايين من الذرات كل واحدة تتألف من عدد من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

الكهرومغناطيسية

Electromagnetism

سنة الاكتشاف 1820م

ما هذا الاكتشاف؟ يكوّن التيار الكهربائي مجالا مغناطيسياً والعكس بالعكس

من المكتشف؟ هانز أورستيد Hans Oersted

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

قبل عام 1820م، كان كل ما يُعرف عن المغناطيسية هو السلوك المغنط للحديد وأحجار المغناطيس (بوصلات صغيرة وهشة)، في حين يُساق العالم الحديث للمحركات الكهربائية ومشاريع توليد القدرة الكهربائية من قِبَل مواد كهرومغناطيسية قوية – ناهيك عن مجففات الشعر والخلاطات وآلات الغسيل وغيرها من الأدوات التي تكتظ بها بيوتنا ومصانعنا وحياتنا اليومية، والتي تعتمد جميعها على مبدأ الكهرومغناطيسية.

لقد خطَّ اكتشاف عام 1820م الجزء الكثير من نمط حياتنا المعاصرة، وفتح الباب على مصراعيه لاحتمالات تفوق الخيال أمام هواة البحث والتطور العلمي. كما ويُعد سبباً لوجود أعمال علماء عمالقة في حقل الكهرومغناطيسية أمثال أندريه أمبير* Andre Ampere ومايكل فاراداي* Michael Faraday.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد هانز أورستيد Hans Oersted بجنوب الدانمارك عام 1777م. درس العلوم في الجامعة، ولكنه أبدى ميلاً خاصا تجاه الفلسفة. تبنى أورستيد التعاليم الفلسفية ليوهان ريتر الذي دعا إلى اعتقاد علمي طبيعي يفيد بوجود اتحاد لقوى الطبيعة جميعها، فآمن بإمكانية

---

* أندريه ماري أمبير (1775–1836م): رياضي و فيزيائي فرنسي، وضع قانوناً يوضح قوة الحقل المغناطيسي الناتج عن انسياب الطاقة الكهربائية خلال موصل. سميت وحدة قياس التيار الكهربائي «الأمبير» باسمه– المترجم.

* مايكل فارادي (1791–1867م): كيميائي و فيزيائي إنجليزي، اكتشف الحث الكهرومغناطيسي و المغناطيسية الجانبة و قوانين التحليل الكهربائي و مادة البنزين، كما و أخترع الدينامو الكهربائي و نظام أعداد التأكسد في الكيمياء. عُرفت وحدة السعة «الفاراد» باسمه. يعتبره معظم مؤرخي العلم أعظم مجرِّب في تأريخ العلم برمته. علماً أنه تلقى القليل من التعليم المدرسي و عمل كمساعد للعالم همفري دايفي، بل كثيراً ما عمل سائقا خاصاً له و لزوجته التي كانت تطعمه مع الخدم و تتعامل معه بكثير من الدونية – المترجم.

إرجاع جميع قوى الطبيعة إلى الأوركرافت *Urkraft*، أو القوة المبدئية. ولدى حصوله أخيراً على منصب علمي تدريسي (في 1813م)، كرَّس جهوده البحثية لإيجاد طريقة يعزو بها جميع التفاعلات الكيميائية إلى الأوركرافت بغية خلق وحدة طبيعية لحقل الكيمياء برمته.

انتعش البحث والاهتمام بالكهرباء بعد تجارب فرانكلين على الكهرباء الساكنة والطاقة المتولدة من أوعية لايدن. وبعدها في عام 1800م، اكتشف فولتا البطارية وأول جريان مستمر للتيار الكهربائي بالعالم. فأصبحت الكهرباء أعجوبة العالم العلمية، ونُشر ثمانية وستون كتابا عن الكهرباء بين عامي 1800 و1820م.

علماء قليلون فقط تنبهوا إلى احتمال وجود ترابط بين الكهرباء والمغناطيسية. ففي عامي 1776 و1777م خصصت أكاديمية العلوم البافارية جائزة لكل من يتمكن من الإجابة على السؤال التالي: هل هناك من تماثل فيزيائي بين القوة الكهربائية والمغناطيسية؟ فلم يجدوا من فائز. كرر المجمع العلمي اللندني نفس العرض عام 1808م، ولم يفز أحد من جديد.

في ربيع عام 1820م، كان أورستيد يلقي محاضرته على أحد صفوفه عندما حدث أمر مدهش. فلقد جاء باكتشاف عظيم – أول اكتشاف علمي رئيسي يتحقق أمام صف من الطلبة. كان عرضاً توضيحياً بسيطاً على مستوى الدراسات العليا حول الكيفية التي يسخن بها التيار الكهربائي سلكاً من البلاتينيوم، دون أن يركّز على الكهربائية أو المغناطيسية– إذ لم يكن مهتماً بأي منهما على وجه الخصوص. وتصادف وجود أبرته المغناطيسية (بوصلته) على الطاولة قريباً من موقع الحدث.

فور ربط أورستيد للبطارية بسلكه، اهتزت الإبرة وانحرفت لاتجاه متعامد على سلك البلاتينيوم. وعند فصله للبطارية، رجعت الإبرة إلى مكانها الأصلي. تكرر الأمر ذاته كلما مرّر أورستيد تياراً كهربائياً خلال السلك ثم فصله. استمتع الطلاب بهذا المشهد في حين شعر أستاذهم بالارتباك وغيَّر الحديث إلى موضوع آخر.

لم يراجع أورستيد هذا الحدث المدهش لمدة ثلاثة أشهر– لحين صيف عام 1820م. فأجرى سلسلة من التجارب لاكتشاف فيما لو أن تياره الكهربائي قد ولّد قوة جذبت الإبرة المغناطيسية أم نافرتها، كما وأراد محاولة إرجاع هذه القوة الغريبة إلى الأوركرافت.

نقل أورستيد السلك فوق وبجانب وتحت الإبرة المغناطيسية، عكس التيار خلال سلك البلاتينيوم، جرَّب سلكين بدلاً من واحد. وبكل تغيير في السلك والتيار، كان يلاحظ تأثير التغييرات الناجمة على الإبرة المغناطيسية.

أدرك أورستيد أخيراً بأن تياره الكهربائي قد خلق قوة جذب وتنافر في الوقت نفسه، وبأنه خلق قوة مغناطيسية عبارة عن نوع جديد تماماً – يختلف جذرياً عن كل القوى الـتي وصفها نيوتن. حيث لا تعمل هذه القوة على خطوط مستقيمة، بل بشكل دائري حـول السلك الحامل للتيار الكهربائي. فكتب أورستيد عن جلاء إبداء الأسلاك الحاملة للتيـار الكهربائي خصائص مغناطيسية، فتحقق بذلك اكتشاف مفهوم الكهرومغناطيسية.

حقائق طريفة: Aurora borealis أو «الشفق الشمالي» هي عبارة عن ظاهرة كهرومغناطيسية تحدث لدى ارتطام الجسيمات الشمسية المشحونة كهربائياً بالمجال المغناطيسي للأرض. وفي نصف الكرة الجنوبي، تظهر هـذه الستائر المتموجة من الضوء حول القطب الجنوبي وتـسمى بـ Aurora australis أو «الشفق الجنوبي».

أول متحجر ديناصوري

First Dinosaur Fossil

سنة الاكتشاف 1824م

ما هذا الاكتشاف؟ أول إثبات بأن الديناصورات العملاقة قد سارت يوماً ما على الأرض

من المكتشف؟ جيديون مانتيل Gideon Mantell ووليام بوكلاند William Buckland

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

افترض معظم الناس (و العلماء) بأن العالم بخليطه الهائل من النباتات والحيوانات كان على نفس الشاكلة التي يرونها على أيامهم، ولكن اكتشاف متحجر ديناصوري قوَّض هذه الفكرة من الأساس. فقد مثّل هذا الاكتشاف أول برهان على وجود مجاميع مختلفة تماماً من الحيوانات القديمة- والمنقرضة الآن - جالت الأرض يوماً ما، وكان أول برهان كذلك على وجود وحوش عملاقة (ديناصورات) في القرون الغابرة من عمر كوكبنا الأم.

كان هذا الاكتشاف بمثابة قفزة هائلة للأمام تشهدها علوم الآثار والإحاثة (الباليونتولوجي)*- سواء في نطاقها المعرفي أو الميداني. أثبتت الديناصورات نفسها كأكثر شواهد الماضي دراماتيكية وكالمصدر الأشد جذباً لاهتمام الشخص العادي نحو حقيقة التطور البيولوجي وتعريفه بها.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

لطالما عثر الناس على عظام متحجرة، لكن دون أن يصيب أحدهم في اعتبارها أنواعاً حياتية منقرضة. في عام 1677م، عثر الإنجليزي روبرت بلوت Robert Plot على ما عُدَّ بعد 220 عاماً نهاية عظم الفخذ لديناصور عملاق ثنائي الأطراف من أكلة اللحوم. بينما حظي بلوت بشهرة واسعة في حياته عندما أدعى بأنها خصية متحجرة لمارد عملاق، مبرهنا صحة القصص القائلة بوجود المَرَدة والعمالقة يوماً ما.

---

* علم الإحاثة **paleontology** هو العلم المختص بدراسة الحياة القديمة، من حيث هويتها و نشأتها، بيئتها و تطورها، و ما يمكن أن تخبرنا به عن الماضي العضوي و غير العضوي للأرض - المترجم.

كان واضحاً رضوخ العلم تحت وطأة عصور مظلمة لحين عام 1824م الـذي شـهد كتابة رجلين إنجليزيين، كلا على حدة، مقالات عن اكتشافهما للديناصورات، فنالا سوية هذا الشرف عن جدارة واستحقاق.

في عام 1809م (50 عاماً قبل اكتشاف داروين لمفهوم التطور) عاش الطبيب الريفي الإنجليزي جيديون مانتل Gideon Mantell في ليويس بمقاطعة سوسيكس الإنجليزية. خلال زياته لأحد مرضاه يوماً ما، قامت زوجته ماري آن Marry Ann بجولة قصيرة ثم جاءت له بعدد من الأسنان الغريبة عثرت عليها أثناء جولتها تلك. كان واضحاً أن هذه الأسنان الكبيرة تعود لأكلة الأعشاب ولكنها من الكبر ما يعارض مناسبتها لأي حيوان معروف. كان مانتيل يهوى جمع الآثار المتحجرة للحيوانات القديمة لسنوات طويلة ولكنه لم يعهد أسنانا كهذه قط. فرجع إلى موقع الحدث من جديد وأدرك بأن طبقات الصخور تعود إلى العصر الميزوزوي. فالأسنان قديمة قدم ملايين عدة من السنين إذن!

لم تكن هذه العظام أولى العظام الكبيرة التي يعثر عليها مانتيل، ولكنها كانت الأغرب بالتأكيد. فأخذها إلى العالم الطبيعي الفرنسي الشهير شارلز كوفييه Charles Cuvier الذي أعتقد بأنها تعود لحيوان اعتيادي شبيه بوحيد القرن. ففقد مانتيل اهتمامه بهذه الأسنان بعد ذلك.

تصادف أن رأى مانتيل عام 1822م أسنان حيوان ايغوانا** وتذكر لفوره بأن هذه الأسنان هي النسخة المصغرة طبق الأصل لتلك التي عثر عليها قبل ثلاثة عشر عاماً. إضافة إلى العظام الأخرى التي عثر عليها في ذلك الموقع، دعا مانتيل باكتشافه لحيوان زاحف قديم عملاق أسماه *iguanodon* «الإغواندون» (إشارة إلى تشابه أسنانه مع أسنان الايغوانا)، وسارع إلى نشر اكتشافه عام 1824م.

خلال الفترة ذاتها، كان وليام بوكلاند William Buckland، البروفيسور بجامعة أوكسفورد، منهمكا بجمع المتحجرات بمنطقة ستونسفيلد الإنجليزية. وخلال جولة له عام 1822م، اكتشف عظم فك وعدة عظام فخذ لمخلوق قديم عملاق (اتضح أنه ذاته الذي اكتشفه روبرت بلوت قبل 150 عاماً ولكن دون التعرف عليه).

حدد بوكلاند من هذه العظام بأن هذا الوحش كان ثنائي الأطراف ومن أكلة اللحوم. ومن تركيب العظام أوضح بوكلاند انتمائه لعائلة الزواحف، فأسماه

** هو جنس من السحالي يستوطن المناطق المدارية لأمريكا الوسطى و الجنوبية و الكاريبي – المترجم.

megalosaurus «ميغالوسوروس» (بمعنى السحلية العملاقة) ونشر تقريـــراً عنـــه عـــام 1824م. وبهذين التقريرين المنشورين بدأ اكتشاف عصر الديناصورات.

حقائق طريفة: كلمة ديناصور *Dinosaur* مشتقة من اللغـــة الإغريقيـــة بمعنى «السحلية المخيفة». وكثيراً ما تسمى الديناصورات بأسمـــاء إغريقيـــة تناسب شخصيتها أو مظهرها، فالـــفيلوسيرابتور تعني « اللـــص الـــسريع» والترايسيراتوبس تعني «الرأس ثلاثي القرون».

العصور الجليدية

Ice Ages

سنة الاكتشاف 1837م

ما هذا الاكتشاف؟ يتضمن ماضي الأرض فترات من مناخ مختلف جذرياً – العصور الجليدية– قياساً بالحاضر الطفيف التغير مناخياً

من المكتشف؟ لويس أغاسيز Louis Agassiz

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لقد كانت تلك فكرة ثورية: ليس مناخ الأرض هو ذاته على الدوام. فقد افترض جميع العلماء ولآلاف السنين بأن مناخ الأرض ثابت دون تغير على مر الأزمنة، إلى أن جاء لويس أغاسيز بالدليل على تغطية جميع أوربا بأنهار جليدية يوماً ما. فمناخ الأرض لم يكن كما هو عليه الآن. بهذا الاكتشاف أوجد أغاسيز مفهوم الأرض الأبدية التغير.

كشف هذا الاكتشاف النقاب عن عدد من الألغاز البيولوجية التي حيَّرت العلماء لقرون من الزمن. كما ويعتبر أغاسيز أول عالم يسجل بيانات ميدانية دقيقة وواسعة النطاق لدعم وإرساء نظرية جديدة. لقد ساهم عمل أغاسيز بالكثير لافتتاح حقل الجيولوجيا ولبلورة نظرتنا الحديثة عن تأريخ كوكبنا الأم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

لطالما عد لويس أغاسيز Louis Agassiz نفسه جيولوجياً ميدانياً أكثر من كونه أستاذاً جامعياً. فخلال أسابيع من جولاته التسكعية في جبال الألب بموطنه سويسرا بأواخر عام 1820م، لاحظ أغاسيز العديد من الظواهر الفيزيائية حول المظاهر الخارجية للأنهار الجليدية في وديان سويسرا. فبداية، كانت الأنهر الجليدية تشق مسيرها على انحدار الوديان التي كانت على شكل حرف U– بوجود قيعان مسطحة للوديان. أما وديان الأنهر الغير الجليدية فكانت دائماً على شكل حرف V. فظن للوهلة الأولى بأن الأنهار الجليدية قد تكونت بشكل طبيعي في هذه الوديان، ثم ما لبث أن أدرك بأن الأنهار الجليدية هي التي نحتت الوديان وأكسبتها شكلها المميز.

لاحظ أغاسيز بعد ذلك تحفرات أفقية وتخدشات في الجدران الصخرية لوديان الأنهار الجليدية هذه- عادة على مسافة ميل أو أكثر أمام النهر الجليدي نفسه. ثم فهم أخيراً بأن العديد من هذه الوديان قد أبرزت جلاميد وأعمدة صخرية عظيمة في أسفلها بحيث لا يُعرف عن أية قوة أو عملية ترسيبها إياها.

بعدها بفترة وجيزة، أدرك أغاسيز بأن ما يدرس من أنهار جليدية جبلية لا بد أن كانت أكبر وأطول بكثير في الماضي السحيق، وبأنها حفرت الوديان وحملت الصخور التي خدشت جدران الوديان الصخرية ورسَّبت جلاميد عملاقة في قيعانها.

في أوائل أعوام 1830م، ساح أغاسيز انجلترا والمناطق الأوربية الشمالية الواطئة. وهناك أيضاً وجد ودياناً على شكل حرف U كما وجد تحفرات أفقية وتخدشات في الجدران الصخرية للوديان مع وجود جلاميد عملاقة جاثمة بشكل مريب عند أسفلها.

بدا كل شيء كالعلامات الفارقة للأنهار الجليدية التي درسها في موطنه الأصلي سويسرا، ولكنه لم يعثر على أي أثر لأنهار جليدية على بعد مئات الأميال وبكافة الاتجاهات. في عام 1835م، توصل إلى حقيقة يستحق عليها كل احترام وتقدير، ألا وهي أن أوربا كانت مغطاة بأنهار جليدية عملاقة في فترة ما من تاريخها الغابر. فماضي القارة مختلف بشكل جذري عن حاضره، كما هو المناخ مختلف أيضاً من زمن لآخر.

و لغرض الإبداء بهذه الفكرة الثورية، كان حرياً به إثباتها أولاً. فقضى أغاسيز وبضعة من المساعدين المأجورين سنتين من البحث عن الأنهار الجليدية في جبال الألب موثّقين ما يعثرون عليه من علامات تحكي قصص الأنهار الجليدية القديمة التي غطّت قارة أوربا يوماً ما.

نزل اكتشاف غلاسيز كالصاعقة على الوسط الجيولوجي في العالم أجمع، وذلك عند نشره لها عام 1837م. لم يسبق لأي باحث سابق أن جمع كل هذا الكم الهائل والمفصَّل من البيانات الميدانية لتدعيم نظرية جديدة. ونظراً لنوعية بياناته الميدانية، قُبلت نتائج غلاسيز فور إعلانها- رغم أنها غيَّرت جذرياً في جميع النظريات التي تواجدت آنذاك حول ماضي كوكب الأرض.

رسم أغاسيز لوحة حية للعصور الجليدية وأثبت وجودها التاريخي. ولكن يُعزى للفيزيائي اليوغسلافي ميلوتين ميلانكوفيتش Milutin Milankovich شرح سبب حدوثها، وذلك عام 1920م. فقد أظهر بأن مدار الأرض ليس بالدائري ولا يبقى على شاكلته بتعاقب السنين والقرون، بل أثبت بأنه يتذبذب بين كونه أكثر تطاولاً وأكثر

استدارة بدورة عمرها 40000 سنة. فعندما أنساق الأرض مع مداره إلى موقع أبعد بقليل عن الشمس في الشتاء، حدثت العصور الجليدية. وقد أكد علماء الناسا هذه النظرية ببحث أجروه مؤخرا بين عامي 2003 و2005م.

حقائق طريفة*: خلال العصر الجليدي الأخير، امتدّ نهر أمريكا الشمالية الجليدي جنوباً نحو ما تقع فيه مدينة سانت لويس حالياً وكان أسمك من ميل في مينيسوتا وداكوتاس. تزاحمت كميات هائلة من الجليد في هذه الأنهار الجليدية الواسعة مما جعل مستوى سطح البحر أدنى بحوالي 500 قدم عما هو عليه اليوم.

* خلال العصور الجليدية، كانت شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى بنطاق الرياح الغربية الممطرة التي تهب الآن على غرب أوروبا، فكانت عبارة عن مراع خضراء ملئها الأنهار والوديان الخصبة – المترجم.

السعرات (وحدات الطاقة)

Calories (Units of Energy)

سنة الاكتشاف 1843م

ما هذا الاكتشاف؟ تعتبر جميع أشكال الطاقة والشغل الميكانيكي متكافئة ويمكن تحويلها من نوع لآخر

من المكتشف؟ جيمس جول James Joule

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

من المعروف لنا الآن إمكانية تحويل الشغل الميكانيكي والكهرباء والزخم والحرارة والقوة المغناطيسية...الخ بعضها لبعض، رغم وجود حالة فقدان في العملية. وقد أفادتنا هذه المعرفة بشكل هائل في تطوير صناعاتنا وتقنياتنا المعاصرة. لكن لم تطرأ هذه الفكرة على بال أحد حتى قبل 200 عام فقط.

اكتشف جيمس جول بأن كل نوع من الطاقة يمكن تحويله إلى كمية مكافئة من الحرارة. وبهذا يُعد أول عالم يأخذ بمقاليد المفهوم العام الطاقة والكيفية التي تتكافأ بها مختلف صورها. كما ويُعد اكتشاف جول الركيزة الأساسية لقانون حفظ الطاقة (الذي اكتشف بعد 40 عاماً) وكذلك لتطوير حقل ديناميكا الحرارة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

مولوداً عشية عيد الميلاد عام 1818م، نشأ جيمس جول James Joule وسط عائلة ميسورة الحال بمدينة لانكاشاير الإنجليزية. تلقى تحصيله العلمي من مدرسين خصوصيين، وبعمر العشرين بدأ بالعمل في مصنع خمر العائلة.

أول مهمة فرضها جول على نفسه كانت في إمكانية تحويل مصنع الخمر من نوعه البخاري إلى النوع الكهربائي الأكثر حداثة آنذاك. فدرس المكائن ومصادر الطاقة، كما ودرس تيارات الطاقة الكهربائية وراقه ملاحظة تسخن الأسلاك الكهربائية لدى مرور التيار من خلالها. فأدرك بأن بعضا من الطاقة الكهربائية كان يتحول إلى حرارة.

شعر جول بأهمية حساب مقدار الطاقة الكهربائية الضائعة تلك، فبدأ بتجارب عن كيفية تحول الطاقة من كهربائية إلى حرارية. وعادة ما كان يخرق نظم الأمان لنفسه وللآخرين أثناء

إجراء تجاربه، فكثيراً ما كانت الخادمة المسكينة تفقد وعيها جراء الصدمات الكهربائية الـتي كانت تتلقاها من سيدها الذي لم يفلح قط في تحويل مصنع الخمر إلى النوع الكهربائي، إلا أن هذه التجارب لفتت انتباهه إلى مسألة أخرى – تحويل الطاقة من نوع لآخر.

كان جول تقيا شديد التدين، فآمن بوجود اتحاد لجميع قوى الطبيعة وبأن الحرارة هي الصيغة النهائية والطبيعية لحساب تكافؤ مختلف أنواع الطاقة.

قلب جول اهتمامه إلى دراسة تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية. ففي الحيـاة الطبيعية لا بد من الجسم المتحرك (الذي يمتلك طاقة الزخم الميكانيكية) أن يتوقف في نهاية المشوار. إذن، ما الذي حدث لطاقته؟ فأجرى سلسلة من الاختبارات على المـاء لقيـاس تحويل الحركة الميكانيكية إلى حرارة.

ذاع صيت اثنتين من تجارب جول تلك. ففي أولاهما قام بغمس اسطوانة نحاسية مملوءة بالهواء بحوض فيه ماء ثم قاس حرارة الماء. بعدها قام بضخ الهواء إلى داخل الاسطوانة حتى وصول الضغط إلى 22 جول. حسب قانون الغاز فان الشغل الميكانيكي اللازم لإحـداث هذه الزيادة في ضغط الهواء لابد أن يصدر الحرارة، ولكن هل كان ذلك ليحدث فعـلاً؟ قاس جول زيادة قدرها 0,285 درجة فهرنهايت في حرارة للماء. نعم، لقد تحولت الطاقـة الميكانيكية إلى حرارية.

و في التجربة الأخرى، قام جول بربط مجاذيف على عمود شاقولي أنزله إلى حوض فيه ماء. ثم أسقط عدداً من الأجسام داخل الحوض مسببة تدوير المجاذيف في الماء. من المفترض أن يتحول هذا الجهد الميكانيكي جزئياً إلى حرارة. فهل حصل ذلك فعلاً؟

لم تكن النتائج مرضية لحين استعمال جول للزئبق السائل بدل الماء. وباعتبار الأخـير سائلاً أثقل، اثبت جول بسهولة أن الجهد الميكانيكي يتحول إلى حرارة بنسبة ثابتة. فقـد سخن السائل بمجرد تحريكه.

أدرك جول أن بالإمكان تحويل جميع أشكال الطاقة إلى كميات متكافئة من الحـرارة. فنشر نتائجه هذه عام 1843م متضمناً فيها وحدات قياسية للطاقة الحرارية لغرض حساب المقادير المتكافئة تلك. ومنذ ذلك اليوم وعلماء الفيزيـاء والكيميـاء يـستعملون هـذه الوحدات في حساباتهم وأسموها *joules* أو «جولات»– تيمناً باسم هذا العالم الجليل. أما علماء الأحياء، فيفضلون استعمال وحدة بديلة تدعى *calorie* أو «السعرة» – حيـث كل سعرة واحدة تساوي 4,18 جولا.

بهذا الاكتشاف الذي يقضي بإمكانية تحويل أي نوع من الطاقة إلى كمية متكافئة من الطاقة الحرارية، مهَّد جول طريقاً معبداً للارتقاء بدراسات الطاقة والميكانيكا والتقنيات.

حقائق طريفة: إن السعرات المكتوبة على علب الأغذية هــي في الواقــع كيلو سعرات، أي وحدات تساوي 1000 سعرة. وتعرَّف السعرة بأنها كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة سيليزية واحدة. فلو أحرقتَ 3,500 سعرة خلال تمرين عضلي ما، فهذا يعني أنك قد أحرقت وبالتالي فقدت رطلاً واحداً (0,45كغم). على أية حال، حتى التمارين الأكثر شدةً وإرهاقاً نادراً ما تحرق أكثر من 1000 سعرة في الساعة.

حفظ الطاقة

Conservation of Energy

سنة الاكتشاف 1847م

ما هذا الاكتشاف؟ الطاقة لا تُفنى ولا تُستحدث. يمكن تحويلها من نوع لآخر، ولكن يبقى إجمالي الطاقة ثابتاً دائماً ضمن نظام مغلق

من المكتشف؟ هيرمان فون هيلمهولتز Hermann von Helmholtz

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لا تضيع الطاقة أبداً، ويمكن أن تتحول من نوع لآخر مع عدم تغير كميتها الإجمالية. لقد ساعد هذا المبدأ العلماء والمهندسين لصنع نظم الطاقة التي تشغل أضواء غرفتك وأجهزتك المترلية وسيارتك. إنه يُدعى مبدأ حفظ الطاقة ويُعد واحداً من أهم الاكتشافات في العلوم قاطبة، بل ويُطلق عليه المبدأ الأهم والأكثر جوهريةً في الطبيعة جمعاء. فهو يشكل القانون الأول في ديناميكا الحرارة، ومفتاح فهم التحول المتبادل لأنواع الطاقة المختلفة. حقاً عندما حشد هيرمان فون هيلمهولتز جميع تلك الدراسات والمعلومات لاكتشاف هذا المبدأ، فإنه قد غيَّر العلم والهندسة إلى أبد الآبدين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد هيرمان فون هيلمهولتز Hermann von Helmholtz في بوتسدام بألمانيا عام 1821م، وترعرع في كنف عائلة تمتهن تجارة الذهب. بعمر السادسة عشرة، حصل على زمالة حكومية لدراسة الطب لقاء عشرة أعوام من الخدمة في الجيش البروسي. كانت دراسته الرسمية الطب في معهد برلين الطبي، إلا أنه كثيراً ما كان يتسلل إلى جامعة برلين لحضور دروس الكيمياء والفسلجة.

خلال خدمته العسكرية، نال هيلمهولتز تخصصا بحثياً لدى إثباته بأن عمل العضلات يعتمد على مبادئ كيميائية وفيزيائية وليس مشتقاً من «قوة حيوية غير معرَّفة». كان الكثير من الباحثين آنذاك يجدون في مفهوم «القوة الحيوية» ملاذاً آمناً كلما أعياهم أمر ما أو تعسّر عليهم فهم مشكلة معينة. وكأن هذه «القوى الحيوية» قادرة على صنع طاقة سرمدية من العدم المطلق.

أراد هيلمهولتز أن يثبت إمكانية تعليل جميع القوة المُنتَجة عن العضلات بدراسة تفاعلات فيزيائية (ميكانيكية) وكيميائية ضمن العضلات نفسها. لقد همَّ إذن برفع الحصانة عن نظرية «القوة الحيوية»! وخلال مسعاه ذاك، تكوَّن لديه إيمان راسخ بمبدأ حفظ الجهد والطاقة (لا عمل يمكن أن يُنجز من دون أن يأتيَ من مكان ما أو يُضاع من دون أن يذهب إلى مكان ما).

الآن، درس هيلمهولتز الرياضيات سعياً منه لإثبات أن جميع الشغل مرده عمليات فيزيائية طبيعية وذلك من خلال إبداء وصف أفضل لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركية (الحركة والشغل) وتحويل التغييرات الفيزيائية للعضلات إلى شغل.

استطاع هيلمهولتز أن يثبت أخيراً بأن الشغل لا يمكن توليده باستمرار من «العدم»، وبهذا تمكن من تشكيل مفهومه عن تحويل الطاقة الحركية. قرر بعدها أن يطبِّق مفهوم التحويل هذا على مواضع مختلفة، فقام بجمع المعلومات العديدة ذات العلاقة والتي سبق أن اكتشفها علماء آخرون – أمثال جيمس جول ويوليوس ماير وبيير لابلاس وأنطوان لافوازيه وآخرون ممن كان لهم باع طويل في دراسة تحويل أنواع الطاقة لبعضها البعض أو تحويل نوع معين منها لآخر (كالزخم مثلاً).

عزز هيلمهولتز هذه الدراسات بتجاربه الخاصة من خلال إظهاره المرة تلو الأخرى بأن الطاقة لا تضيع أبداً. يمكن أن تتحول إلى حرارة أو صوت أو ضوء ولكنها تبقى في الوجود ويمكن الاهتداء إليها وحسابها.

أدرك هيلمهولتز عام 1847م بأن عمله هذا قد أثبت النظرية العامة لحفظ الطاقة والتي تفيد بأن كمية الطاقة في الكون (أو ضمن أي نظام مغلق) تبقى ثابتة دوماً. يمكنها التحول طبعا بين أنواع مختلفة (كهرباء، مغناطيسية، طاقة كيميائية، طاقة حركية، ضوء، حرارة، صوت، طاقة كامنة، أو زخم)، ولكنها لا تُفنى ولا تُستحدث.

لقد جاء التحدي الأكبر لنظرية هيلمهولتز من علماء الفلك الدارسين للشمس. فلو كانت الشمس لا (تستحدث) الطاقة الضوئية والحرارية، فمن أين لها بكل هذه الكميات الهائلة من الإشعاعات التي تبثها؟ لا يعقل أنها تحرق مادتها الأصلية ذاتها كما هو الحال في النيران الاعتيادية. أما علماء اليوم فقد أظهروا بأن الشمس ستستهلك نفسها في غضون 20 مليون سنة لو أحرقت كتلتها حقاً في توليد الضوء والحرارة.

لقد لزم هيلمهولتز خمس سنوات ليكتشف بأن الجواب يكمن في الجاذبية. فالشمس تنكمش على ذاتها بشكل بطئ، في حين تتحول قوة الجاذبية إلى ضوء وحرارة، فعاش جوابه هذا ثمانين عاماً لحين اكتشاف الطاقة النووية. الأهم من كل هذا أن المفهوم الأساسي لحفظ الطاقة قد اكتشف واعتُمد*.



حقائق طريفة: مبدأ حفظ الطاقة إضافة لمفهوم الانفجار الكبير يخبراننا بأن جميع ما وُجد وسيتواجد من الطاقة في أي مكان من الكون كان متواجداً لدى حدوث الانفجار الكبير. فجميع ما يحترق من نار وينفث من حرارة على متن أي نجم أو في باطن أي بركان كان، وكذلك جميع الطاقة المتضمنة في حركة أي كوكب أو مذنب أو نجم كان- قد تحرر لدى اندلاع الانفجار الكبير. لا بد أن يكون ذلك انفجاراً جَبّاراً!

* عُرف عن هيلمهولتز اختراعه لمنظار العين ophthalmoscope عام 1851م. قال عنه آينشتاين: «أنا معجب بالعقل المبدع الطليق لهيلمهولتز» – المترجم.

تأثير (ظاهرة) دوبلر

Doppler Effect

سنة الاكتشاف 1848م

ما هذا الاكتشاف؟ تزداد أو تقل ترددات الصوت –و الضوء– اعتماداً على تحرك المصدر باتجاه أو بعيداً عن المراقب

من المكتشف؟ كريستيان دوبلر Christian Doppler

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يُعتبر تأثير (ظاهرة) دوبلر من أقوى وأهم المفاهيم المكتشَفة في علم الفلك على الإطلاق. فقد سمحت للعلماء بقياس سرعة واتجاه حركة نجوم ومجرات تبعدنا بملايين عدة من السنوات الضوئية، كما فك طلاسم المجرات والنجوم شديدة البعد وقاد إلى اكتشاف المادة المعتمة وكذلك العمر والحركة الحقيقيين للكون. استعمل هذا المبدأ كمادة دسمة للعديد من البحوث في الكثير من الحقول العلمية وبشكل قلما نافسه فيه أي مبدأ آخر. نظراً لأهمية اكتشاف دوبلر، فإنه يُدرَّس اليوم ضمن جميع المناهج العلمية للصفوف المتوسطة والإعدادية في العالم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان الرجل النمساوي المولد المدعو كريستيان دوبلر Christian Doppler مثالاً لمعلم الرياضيات المكافح– وذلك لسببين اثنين. أولهما أنه كان قاسياً جداً على طلابه مما أثار سخط أولياء أمورهم ومدرائه في العمل على حد سواء، وثانياً لأنه أراد فهماً كاملاً لكل ما كان يعلّمه من مفاهيم رياضية وهندسية. فتذبذب بين العمل في التدريس وبطلانه خلال أعوام 1820 و1830م عندما كان في العشرينيات والثلاثينيات من عمره. ولكن كان دوبلر محظوظاً حقاً لدى اختياره لشغل منصب تدريسي شاغر بمعهد فيينا للتقنيات المتعددة عام 1838م.

بأواخر العقد الثالث من القرن التاسع عشر، كانت القطارات القادرة على تجاوز سرعة 30 ميلاً/ساعة قد بدأت تتوغل إلى عمق الريف النمساوي. كانت هذه القطارات تطلق ظاهرة صوتية لم يعهدها الناس من قبل، كما ولم يعهدوا الانتقال بأسرع من هرولة

الحصان. فقد سمحت هذه القطارات للناس ملاحظة تأثير حركة جسم ما على الأصوات الصادرة منه.

كان دوبلر يراقب عبور القطارات في سره وبدأ بتحليل سبب هذه التحولات الصوتية التي يسمعها. وفي عام 1843م، وسع من نطاق تفكيره ليضمن موجات الضوء أيضاً تحت نظرية عامة مفادها أن حركة الجسم تزيّد أو تقلل تردد الصوت والضوء الصادر عنه بالنسبة لمراقب ساكن، ودعا بأن هذا التحول هو السبب وراء الصبغة الحمراء والزرقاء للضوء الصادر عن النجوم التوأمية البعيدة (التوأم الذي يدور باتجاه الأرض سيصدر ضوءاً أعلى ترددا– يتراح باتجاه الأزرق. أما التوأم الآخر الذي يدور بعيداً، فإنه سيصدر ضوءاً أقل تردداً– يتراح باتجاه الأحمر).

في تقرير رفعه إلى المجمع العلمي البوهيمي* عام 1844م، قدَّم دوبلر نظريته القائلة بأن حركة الأجسام المتحركة باتجاه المراقب تضغط الموجات الصوتية والضوئية بشكل تبدو فيه متراحة نحو نغمة صوتية أرفع وتردد لوني أعلى (الأزرق) على التوالي، والعكس يحدث عند حركته بعيداً عن المراقب (نغمة صوتية أدنى وتردد لوني أقل– نحو الأحمر). دعا كذلك إلى أن نظريته تفسر الصبغة الزرقاء والحمراء التي عادة ما تُلاحظ على الضوء الصادر عن النجوم البعيدة. فبينما كان صائباً في دعواه الأخيرة من المفهوم التقني فقط، إلا أن هذا الانزياح كان من الصغر بحيث لا تستوعب أجهزة زمانه تقصيه.

وجد دوبلر نفسه في موقف التحدي لإثبات نظريته. فلم يسعفه الضوء نظراً لبدائية قابلية التلسكوبات وأجهزة الحساب في هذا المجال. فقرر على إثرها توضيح نظريته معتمداً على الصوت.

في تجربته الشهيرة عام 1845م، وضع فرقة من الموسيقيين في قطار وطلب منهم العزف على النغمة ذاتها بأبواقهم، بينما وقفت فرقة أخرى من الموسيقيين الضليعين بدراسة طبقات الصوت على رصيف المحطة مهمتهم تسجيل النغمة التي يسمعونها لدى اقتراب القطار ومن ثم ابتعادها عنهم. وكان ما أجمعت عليه كتابات جميع الموسيقيين المستمعين: نغمة أعلى بقليل ثم أدنى بقليل مما عزف عليه زملائهم المتحركون في القطار.

---

* نسبة إلى مملكة بوهيميا (جمهورية التشيك حالياً)، حيث كانت جزءاً من إمبراطورية النمسا حينذاك– المترجم.

أعاد دوبلر تجربته مستعيناً هذه المرة بمجموعة ثانية من عازفي الأبواق على رصيف المحطة، وطلب منهم عزف ذات النغمة التي يعزف عليها عازفو القطار. ولدى مرور القطار بالمحطة، كان واضحاً للمستعمين اختلاف النغمات. فقد بدا للجميع تعارض النغمات المتحركة والثابتة مع بعضها البعض مشكّلاً تموجاً نبضياً.

بإثباته لوجود هذه الظاهرة، وضع دوبلر اسمه عليها- ولكنه لم يحظَ قط بالشهرة التي ابتغاها في حياته. فتوفي عام 1853م في وقت كان فيه المجتمع العلمي ببدايات اعتناقه هذا الاكتشاف وبالتالي امتصاص فوائده واستثماراته الجليلة.

حقائق طريفة: تم الاعتماد على انزياحات دوبلر لإثبات ظاهرة تمدد الكون. يمكن تشبيه ظاهرة تمدد الكون برغيف من خبز السمسم قبل وضعه في الفرن، فحبات السمسم هنا ساكنة بالنسبة لبعضها البعض ضمن العجينة. ولكن عند البدء بتسخين العجينة فإن الخبز المتكون يبدأ بالتوسع، فتزداد المسافة بين حبات السمسم على سطحه بالتدريج. فلو كانت لحبات السمسم أعين ترى بها، لشاهدت أن جميع قريناتها تبتعد عنها رغم أنها بدت ساكنة ضمن الرغيف. فالعجينة (الكون الخاص بها) هي وحدها التي تتوسع.

النظرية الجرثومية

Germ Theory

سنة الاكتشاف 1856م

ما هذا الاكتشاف؟ توجد كائنات دقيقة تتعذر رؤيتها والإحساس بها في كل مكان حولنا وتسبب المرض وتعفن الطعام

من المكتشف؟ لويس باستير Louis Pasteur

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

في زمن كانت منتجات الألبان فيه تحمض وتفسد في غضون أيام قلائل، واللحم يتعفن في فترة قصيرة، أعتاد الناس أن يشربوا حليب الماعز والبقر طازجاً دوماً. فكان على المستهلك أن يعيش قرب حيوانه الحلوب، طالما أن الحليب كان يفسد بيوم أو اثنين.

ثم أثبت لويس باستير بأن هناك كائنات مجهرية دقيقة تسبح في كل مكان حولنا وبعيداً عن مداركنا الحسية. لقد كانت هذه الكائنات الدقيقة سبباً وراء تحول الطعام إلى مجرد نفاية محمَّلة بالأمراض ومميتة، بل كانت ذاتها التي تخترق جسم الإنسان خلال الجروح والعمليات لتسبب له المرض والعدوى. اكتشف باستير عالم الأحياء المجهرية وجاء بالنظرية القائلة بتسبب الجراثيم للأمراض، كما وقدم الحل أيضاً باختراعه لعملية البسترة- وهي عملية بسيطة لإزالة هذه الكائنات من الأطعمة السائلة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في خريف عام 1865م، كان لويس باستير Louis Pasteur في الثامنة والثلاثين من عمره وفي رابع سنة له كمدير للشؤون العلمية في ايكول نورميل، الصرح العلمي المشهور بباريس. لقد كان ذاك منصباً إدارياً مرموقاً، إلا أن رغبة باستير الحقيقية كانت على البحث الميداني الكيميائي وهذا ما أثار امتعاضه.

آمن العديد من العلماء بأن الكائنات الدقيقة لا تتناسل بل تتوالد ذاتياً من الجزيئات المتحللة للمادة العضوية فتفسد الحليب وتعفن اللحم. فهاهو فيلكس بوشيه Felix Pouchet، المتحدث الرئيسي لهذه المجموعة، قد نشر لتوه مقالاً يدعو فيه إلى القبول بهذه الفكرة.

أما باستير فاعتبر مقالة بوشيه مجرد قطعة نفاية لا خير فيها. إذ أن اكتشافه السابق بأن الكائنات الحية المجهرية (أو الخمائر كما أصطلح على البكتيريا آنذاك) موجودة دائماً خلال – و بالتالي بدت السبب في– عملية تخمر النبيذ، جعله يتوقع لهذه الكائنات المجهرية أن تعيش في الهواء لتسقط ببساطة على الطعام والأحياء الأخرى، فتتكاثر بسرعة فقط عند عثورها على مادة متحللة تتغذى عليها.

كان هناك سؤالان اثنان في محور الجدل. أولهما، هل توجد الميكروبات الحية فعلاً في الهواء؟ ثانيهما، هل يمكن للميكروبات أن تنمو تلقائياً (في محيط معقم خال أصلاً من الميكروبات)؟

قام باستير بتسخين أنبوب زجاجي بغرض تعقيمه وتعقيم الهواء الموجود فيه، ثم ختم النهاية المفتوحة للأنبوب بقطن البارود واستعان بمضخة مفرغة لسحب الهواء من خلال مرشح القطن إلى داخل الأنبوب الزجاجي المعقم ذاك.

اقتنع باستير بأن أية ميكروبات في الهواء لا بد أن تتجمع على السطح الخارجي للمرشح القطني أثناء امتصاص الهواء من خلاله. وهكذا فإن نمو البكتيريا على المرشح سيثبت بأن الميكروبات موجودة بشكل حر في الهواء، بينما نموها داخل الأنبوبة المعقمة سيثبت عملية التوليد الذاتي.

بعد 24 ساعة، تحوَّل السطح الخارجي للقطن إلى لون بني عكر جراء نمو البكتيريا، بينما بقيت الأنبوبة صافية من الداخل. لقد أجيب السؤال رقم واحد. نعم، توجد الكائنات المجهرية في الهواء وتتكاثر حال تجمعها (كما حصل على القطن المستعمل في التجربة).

و الآن حان دور السؤال رقم اثنين. كان على باستير مهمة إثبات أن البكتريا الدقيقة لا تتوالد ذاتياً.

حضر باستير سبيكة غنية بالطعام (كوجبة شهية للبكتريا الجائعة) في كوب مختبري كبير ذو عنق زجاجي مائل طويل. فسخن الدورق لحد غليان السبيكة وتوهج الزجاج بغرض قتل أي بكتيريا موجودة أصلاً على السبيكة أو في الهواء المحصور داخل الكوب، ثم أغلق فوهة هذا الكوب المعقَّم بسرعة. الآن، أي نمو بكتيري لا بد أن يكون سببه التوالد الذاتي. وأخيراً، وضع الكوب في فرن صغير كان يستعمله لتسريع نمو الاستزراعات البكتيرية.

بعد أربع وعشرين ساعة، تحقق باستير من كوبه، فوجده نظيفاً تماماً. ثم كرر مراقبته يومياً ولمدة ثمانية أسابيع دون أن يلاحظ أي نمو بكتيري كان. فالبكتريا إذن لا تتوالد ذاتياً.

كسر باستير عنق الدورق مما سمح بدخول الهواء الخارجي الغير المعقم إليه. فلم تنقض سوى سبع ساعات ليلاحظ تكوّن تكتلات صغيرة من النمو البكتيري، لتتسع بعد ذلك إلى أن غطت سطح السبيكة كاملاً ضمن 24 ساعة.

كان بوشيه مخطئا في دعواه. فبدون التصاق البكتيريا الأصلية العالقة في الهواء بالمادة الغذائية، لا نمو يُذكر أبداً للبكتيريا، فهي لا تتوالد ذاتياً.

نشر باستير اكتشافاته منتشياً بروح الانتصار. والأهم من ذلك، تمخض عن اكتشافه النفيس فرع جديد وواسع من الدراسة يدعى علم الأحياء المجهرية.

حقائق طريفة: القطن المنزلي يحمل قرابة 320 مليون جرثوم مرضي.

نظرية التطور*

The Theory of Evolution

سنة الاكتشاف 1858م

ما هذا الاكتشاف؟ تطور الأنواع على مر الزمن للحصول على أفضل استفادة من بيئتها المحيطة، فتحظى أصلح الأنواع لبيئتها بأفضل فرص العيش والبقاء

من المكتشف؟ تشارلز داروين Charles Darwin

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تعتبر نظرية داروين في التطور ومفهومها عن البقاء للأصلح الاكتشاف الجوهري والأهم في علم الأحياء والبيئة الحديثين. يبلغ عمر اكتشافات داروين 150 عاماً وهي ما زالت تشكل أساسيات فهم العلماء بتاريخ وتطور الحياة النباتية والحيوانية.

لقد ردت نظرية داروين على عدد لا يحصى من الألغاز التي حيَّرت علماء الأنثروبولوجيا والإحاثة، وفسَّرت الانتشار الواسع والتصميم المميَّز للأنواع والأنواع الثانوية على سطح الأرض. في حين أثارت هذه النظرية الكثير من نعرات الاختلاف والمعارضة، إلا أنها لاقت في صفها جبالاً من البيانات العلمية الدقيقة التي أثبتتها ودعمتها على مر الـ150 سنةً الفائتة. كانت كتبه الأكثر مبيعاً على أيامه ولا تزال تحظى بشريحة واسعة من قراء اليوم.

---

* رغم اعتراف الفاتيكان بنظرية التطور مؤخراً، إلا أن هذه النظرية لا تزال تعتبر من أكثر النظريات إثارة للجدل. جاء اعتراف الفاتيكان على لسان رئيس المجلس البابوي للثقافة، المونسينيور جيان فرانكو رافاسي، يوم **2008/9/16** و ذلك في سياق الإعلان عن عزم الفاتيكان على عقد مؤتمر بمناسبة الاحتفال بالذكرى الـ**150** لنظرية داروين في روما بشهر آذار/مارس من عام **2009**م. و قال رافاسي إن «نظرية التطور لا تتعارض مع تعاليم الكنيسة الكاثوليكية و لا مع رسالة الإنجيل و اللاهوت، و هي في الحقيقة لم تكن موضع إدانة يوماً». لكن قال رافاسي أن الفاتيكان لا ينوي الاعتذار عن الآراء السلبية السابقة، مضيفا بقوله «ربما يتعين علينا التخلي عن فكرة تقديم الاعتذارات وكأن التاريخ محكمة منعقدة إلى الأبد» وأكد أن نظريات داروين لم «تتعرض لإدانة الكنيسة الكاثوليكية ولم يحظر كتابه قط»- المترجم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

دخل تشارلز داروين Charles Darwin جامعة كامبردج في 1827م ليصبح كاهناً، لكنه تحوَّل إلى دراسة الجيولوجيا وعلم النبات. تخرج عام 1831م، وبعمر الثانية والعشرين حظي بمكان على متن سفينة اش ام اس بيغل HMS Beagle التي أبحرت من انجلترا إلى أمريكا الجنوبية والباسفيك، وذلك بوصفه عالم طبيعة.

تمددت رحلة البيغل من ثلاث سنوات لخمس. فتعجب داروين طوال حياته بذلك الكم اللامتناهي من الأنواع الحياتية التي شاهدها في كل مكان حطت عليه السفينة رحالها. ولكن يعود الفضل الرئيس في تفتق أفكار داروين على نظريته الجديدة إلى تمديد وقفتهم بجزر غالاباغوس بالمحيط الهادئ.

في أول جزيرة من سلسلة الجزر التي زارها داروين (جزيرة تشاثام)، وجد داروين نوعين مختلفين من السلاحف- واحد طويل العنق يقتات على أوراق الأشجار، وآخر قصير العنق يقتات على أعشاب الأرض. كما وجد أربعة أنواع جديدة من عصافير الحسون (و هي طيور صغيرة صفراء واسعة التواجد في أغلب مناطق أوربا). ولكن كانت لهذه العصافير مناقير مختلفة الشكل عن بنات عمومتها في أوربا.

وصلت البيغل ثالث جزر الغالاباغوس (جزيرة جيمس) وذلك في تشرين الأول (أكتوبر) من عام 1835م. هنا، على خط الاستواء، لا فرق يُذكر بين يوم لثان وفصل لآخر.

و كعادته كل يوم على الساحل، رفع داروين حقيبة ظهره المملوءة بأوعية نماذج البحث مع دفتر ملاحظاته الصغير وشباكه ومصائده، منطلقا نحو المشهد المريع للحقول الملتوية من الحمم السوداء المسحوقة والتي نُفِثت على شكل موجات متعرجة عملاقة. فاعترضت طريقه تشققات صخرية عميقة فاغرة تُصدر صفيراً مزعجاً وأبخرة صفراء كثيفة. كانت الحمم مكسوَّة بفتات خشب قصيرة وسوداء من لفحات الشمس الملتهبة، فبدت أقرب إلى الموت منها للحياة.

وسط هذا المشهد المريع، عثر داروين على بستان أشجار تتغنى عليها الطيور. هناك جاءه العجب، إذ وجد النوع الثالث عشر والرابع عشر من عصافير الحسون، بمناقير أطول وأكثر استدارة قياساً بكل ما وقعت عليه عيناه من نظيراتها في الجزر الأخرى. والأهم من كل هذا، أنها كانت تقتات على ثمار التوت الحمراء الصغيرة.

في أي مكان آخر على وجه البسيطة، تأكل عصافير الحسون الحبـوب إلا في هـذه الجزيرة، فالبعض منها يأكل الحبوب، وبعض آخر الحشرات، وبعض ثالث ثمـار التـوت! والأدهى من ذلك، أن لكل نوع من هذه العصافير منقاراً مُصمَّماً تماماً لجمع ما يُفضِّله من الطعام.

بدأ الشك يتوغل في نفس داروين حول التعاليم الكنسية التي تقضي بأن الله خلق كل نوع من الكائنات الحية على الهيئة التي يتواجد عليها ودون أن يتغير. فقد استنتج بأن نوعاً ما من العصافير قد وصل في قديم الزمان إلى جزر غالاباغوس من أمريكا الجنوبية، ثم تفرَّقت أفراده بين مختلف الجزر، فتكيَّفت (تطورت) لعيش أفضل في محيطها الخاص وحسب مصادر غذائها المعينة. نشر داروين ملاحظاته هذه في كتابه *A Naturalist's Voyage on the Beagle* أو «رحلة عالم طبيعة على متن البيغل».

لدى عودته إلى بلاده انجلترا، قرأ داروين مجموعة من مقالات عالم الاقتصاد تومـاس مالثوس Thomas Malthus والتي أوضح فيها ما كان يحدث للمجتمعات البشرية عنـد عجزها عن إنتاج ما يكفيها من الطعام، فالشرائح الأضعف كانت تموت جوعاً ومرضـاً أو جراء النزاعات، الأقوياء منهم فقط كانوا يعيشون. آمن داروين بانطباق هذا المفهوم على عالم الحيوان كذلك (البقاء للأصلح).

مزج داروين هذه الفكرة مع تجاربه وملاحظاته على متن سفينة البيغل ليستنتج بـأن جميع الأنواع الحياتية قد تطورت سعياً لضمان أفضل للعيش، وأسماه الانتخاب الطبيعي.

نظراً لكونه رجلاً خجولاً وانطوائياً، عانى داروين عذاباً أليماً بداخله ولسنوات طوال حيال الكشف عن نظرياته للرأي العام، إلى أن أقنعه علماء طبيعة آخرون لتـأليف ونـشر كتابه الأشهر *Origin of Species* أو «أصل الأنـواع». بهـذا الكتـاب، أصـبحت اكتشافات داروين ونظريته عن التطور نبراساً للعلوم البيولوجية.

حقـائق طريفـة: تعتبر الوطاويط، بقابليتها فوق الـصوتية علـى تحديـد الصدى، الأكثر تطوراً في حاسة السمع من بين جميع الحيوانات البرية. فبها تستطيع أن تتقصى حشرات بحجم البعوض وأشياء بصغر شعر الإنسان.

التواقيع الضوئية الذرية

Atomic Light Signatures

سنة الاكتشاف 1859م

ما هذا الاكتشاف؟ لدى تسخينه، يشع كل عنصر ضوءاً بترددات عالية التميز والخصوصية.
من المكتشف؟ جوستاف كيرخوف Gustav Kirchhoff وروبرت بونزن Robert Bunsen

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

اكتشف عشرون عنصراً (بدءاً بالسيزيوم عام 1860م) باستعمال تقنية تحليل كيميائي واحدة. وهي التقنية ذاتها التي مكّنت علماء الفلك من تحديد التركيب الكيميائي لنجوم تبعدنا بملايين السنين الضوئية. كما وسمحت لعلماء الفيزياء بفهم النيران الذرية للشمس والتي بموجبها تتولد الحرارة والضوء، ومكّنت علماء فلك آخرين من حساب دقيق لسرعة وحركة النجوم والمجرات البعيدة.

ما هذه التقنية إلا تحليل التصوير الطيفي، اكتشاف كيرخوف وبونزن، والتي تحلل الضوء المنبعث عن المواد الكيميائية المحترقة أو من نجم في أقاصي الكون. فقد اكتشفا بأن كل عنصر يشع ضوءاً بتردداته الخاصة به فقط. وقد أمدَّ التصوير الطيفي بأول برهان على وجود العناصر الموجودة على الأرض في الأجرام الأخرى أيضاً– فالأرض ليست فريدة كيميائياً في الكون. كما وتستعمل تقنيتهما بشكل روتيني من قِبَل العلماء في كل حقول العلم تقريباً من بيولوجية وفيزيائية وأرضية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

شهد عام 1814م اكتشاف الفلكي الألماني جوزيف فراوهوفر Joseph Fraunhofer بأن طاقة الشمس لا تشع بشكل متساوٍ في جميع الترددات للطيف الضوئي، بل تتكثف في بروزات طاقية عند ترددات خاصة. وجد البعض متعة في هذا الاكتشاف، بينما لم يعره أحد أية أهمية، فبقيت الفكرة في سبات دام 40 عاماً.

كان جوستاف كيرخوف Gustav Kirchhoff (المولود في عــام 1824م) فيزيائيــاً بولندياً مفعماً بالحيوية والحماس لا يتجاوز طوله خمسة أقدام. خلال منتصف العقد الخامس من القرن التاسع عشر، ركّز كيرخوف تجاربه على التيارات الكهربائية بجامعــة بيرســلو. وأثناء عمله في مشروع خارج اختصاصه مع بروفيسور آخر عام 1858م، لاحظ خطوطــاً برّاقة في الطيف الضوئي الناتج عن اللهب، فتذكّر قراءتــه لحــدث مماثــل في مقــالات فراونهوفر. وزيادة في البحث والمتابعة، وجد كيرخوف بأن البقع (أو البروزات) البرّاقة في الضوء التي لاحظها في تجارب اللهب كانت تقع ضمن نفس التردد والطول الموجي الــذَين قاسهما فراونهوفر ضمن الإشعاع الشمسي.

فكّر كيرخوف ملياً بالمغزى من هذا التطابق وخَطَرت له فكرة تدل على نفاذ بصيرته: ماذا لو استخدم موشوراً لفصل أية حزمة ضوئية يريد دراستها إلى الأجزاء المكونة لها (بدل عناء التحدق إليها من خلال سلسلة من المرشّحات الزجاجية الملونة كما راج بين علمــاء زمانه)؟! آمن كيرخوف بأن هذا سيمكّنه من العثور على بروزات في الإشعاع الصادر عن أي غاز محترق.

على أية حال، لم تنجح الخطة على النحو المأمول. فاللهب الذي اســتعمله لتــسخين غازاته كان شديد التوهج وتعارض مع ملاحظاته.

دعونا الآن ننتقل إلى روبرت بونزن Robert Bunsen، الكيميائي الألماني المولد. ففي عام 1858م كان هذا الرجل البالغ من العمر 47 عاماً في خضم تطويره للكيمياء الضوئية (الفوتوكيمستري)– العلم الذي يختص بدراسة الضوء الصادر عن العناصر المحترقــة. وفي معرض عمله، ابتكر بونزن نوعاً جديداً من المواقد يتم فيه خلط الهواء والغاز قبــل البــدء بعملية الحرق. يتميز هذا الموقد (و الذي لا نزال نستعمله باسم موقد بونزن) بلهب حــار للغاية (أعلى من 2700 درجة فهرنهايت) مع قليل جداً من الضوء.

حدث في عام 1859م أن التقى الرجلان بجامعة هيدلبيرغ. وبوقوفهما جنبا لجنــب، كان كيرخوف بالكاد يصل لكتف بونزن. فقام هذا الثنائي المتميز بجمع مقتنياتهما– موشور كيرخوف مع موقد بــونزن، وقــضيا ســتة أشــهر في تــصميم وبنــاء أول مطيــاف (سبيكتروغراف) في الوجود، والذي يعتبر جهازاً لحرق النماذج الكيميائية ثم فصل الضوء الناجم بواسطة موشور إلى طيف من الترددات المنفصلة.

بدأ كيرخوف وبونزن بعدئذ بجدولة الخطوط الطيفية (عبارة عن ترددات خاصة يشع بها كل عنصر طاقته الضوئية) لكل عنصر معروف، فاكتشفا بأن كل عنصر كان ينتج دوماً «التوقيع» ذاته من الخطوط الطيفية والذي يعرّف ذاك العنصر بشكل فريد دون جميع العناصر الأخرى.

مسلحَين بهذا الاكتشاف وبجدولتهما للخطوط الطيفية المميِّزة لكل عنصر، عمل كيرخوف وبونزن أول تحليل كيميائي كامل من نوعه لمياه البحر ولتركيب الشمس- بإثباتهما أن الهيدروجين والهيليوم والصوديوم وبضعة من العناصر النادرة الأخرى الموجود على الأرض، موجودة في جو الشمس كذلك. وقد برهن هذا للمرة الأولى بأن الأرض ليست فريدة كيميائياً بالكون.

زوَّد كيرخوف وبونزن العلم بواحدة من أكثر أدواته التحليلية براعة ومرونة في التطبيق، كما وابتكرا طريقة لحساب تركيب أي نجم كان بنفس الدقة التي نقيس بها تراكيب كحامض الكبريتيك والكلورين أو أي مركب كيميائي معروف آخر.

حقائق طريفة:* استعمل كيرخوف وبونزن مطيافهما لاكتشاف عنصرين جديدين، هما: السيزيوم عام 1860م (اختارا هذا الاسم لأنه يعني زرقة السماء، إشارة منهما إلى لون لهيبه في المطياف) والروبيديوم عام 1861م. لدى هذا العنصر الأخير خط أحمر براق في تصويره الطيفي، واسمه مشتق من كلمة لاتينية بمعنى الأحمر.

* كان كيرخوف معروفاً بخفة ظله وروحه المرحة. يقال أنه لما احتضن المجتمع العلمي برمته اكتشاف كيرخوف و زميله بونزن عن تحليل التركيب الكيميائي للأجرام السماوية، ظل صراف البنك لكيرخوف شاكاً بنزاهة هذا الشرف العلمي الكبير الذي حظي به، فسأله في إحدى المرات: «ما الفائدة التي ساجنيها من وجود الذهب على الشمس إذا لم أقدر أن انزل به إلى الأرض؟». بعد ذلك بفترة، نال كيرخوف ميدالية و جائزة من الذهب الخالص، فأسرع بهما إلى صرافه و هو يقول له: «ها هو الذهب من الشمس!»- المترجم.

الإشعاع الكهرومغناطيسي/ الموجات الراديوية

Electromagnetic Radiation\ Radio Waves

سنة الاكتشاف 1864م

ما هذا الاكتشاف؟ تعتبر موجات الطاقة الكهربائية والمغناطيسية جميعها جزءاً من طيف كهرومغناطيسي واحد وتخضع لقوانين حسابية بسيطة

من المكتشف؟ جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

طوال معظم القرن التاسع عشر، اعتقد الناس أن الكهربائية والمغناطيسية والضوء هي ثلاثة أشياء منفصلة لا علاقة لها ببعض. فانطلقت البحوث من هذا الافتراض، لحين اكتشاف ماكسويل بأنها تمثل جميعاً الشيء ذاته- أشكال عن الإشعاع الكهرومغناطيسي. لقد كان ذلك اكتشافاً عظيماً ومذهلاً، وعادة ما يُصنَّف كأعظم اكتشاف فيزيائي في القرن التاسع عشر. لقد عمل ماكسويل للإشعاع الكهرومغناطيسي ما عمله نيوتن للجاذبية- أعطى العلم أدوات حسابية لفهم واستعمال تلك القوة الطبيعية.

وحَّد ماكسويل الطاقة المغناطيسية والكهربائية، ابتكر مصطلح (الإشعاع الكهرومغناطيسي)، واكتشف المعادلات البسيطة الأربعة التي تقود سلوك الحقلين الكهربائي والمغناطيسي. وخلال معرض ابتكاره لهذه المعادلات، اكتشف ماكسويل بأن الضوء جزء من الطيف الكهرومغناطيسي وتنبأ بوجود الموجات الراديوية، الأشعة السينية، وأشعة غاما.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد جيمس كلارك James Clerk عام 1831م في إدنبرة باسكتلندا. ثم أضافت العائلة بعدها لقب ماكسويل Maxwell. شقَّ جيمس مشواره الجامعي بسهولة وتفوَّق متقلداً أعلى المراتب وحاصلاً على شهادة في الرياضيات، ثم حاز بعدها على درجات أستذة مختلفة في حقلي الحساب والفيزياء.

و كرياضي، استطلع ماكسويل العالم - و الكون - من خلال معادلات حسابية. تناول حلقات زحل كأولى مواد دراسته الموسَّعة، فاستعمل الرياضيات ليثبت بأن هذه

الحلقات لا يمكن أن تكون أقراصاً صلبة، كما لا يمكن أن تكون مواد غازية. فقد أظهرت معادلاته بأنها لا بد أن تكون مؤلَّفة من دقائق صلبة صغيرة لا عد لها. بعدها بقرن، أثبت الفلكيون صحة دعواه.

حوَّل ماكسويل اهتمامه إلى الغازات هذه المرة، فدرس العلاقات الرياضية التي تحكم حركة الدقائق الغازية السريعة الحركة. فصححت نتائج دراسته التوجه العلمي لدراسة العلاقة بين الحرارة وحركة الغاز.

و في عام 1860م تحول ماكسويل إلى متابعة بدايات العمل الكهربائي لمايكل فاراداي. فقد اخترع فاراداي المحرك الكهربائي باكتشافه أن قرصاً معدنياً يدور في مجال مغناطيسي يولد تياراً كهربائياً وبأن التيار الكهربائي المتغير يغيِّر من المجال المغناطيسي أيضاً ويمكنه توليد حركة فيزيائية. قرر ماكسويل أن يستطلع بدوره العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية و«خطوط القوة الكهربائية والمغناطيسية» التي اكتشفها فاراداي، وذلك بمفهومه الرياضي الخاص.

و بينما كان ماكسويل يبحث في العلاقات الرياضية بين مختلف أوجه الكهربائية والمغناطيسية، ابتكر تجارب لفحص وتأكيد كل نتيجة يتوصل إليها. فتوصَّل في 1864م إلى اشتقاق أربع معادلات بسيطة لوصف سلوك الحقل الكهربائي والمغناطيسي وطبيعتهما المتداخلة. فالحقول الكهربائية المتذبذبة (المتغيرة)– التي تتأرجح تياراتها سريعاً بكلا الاتجاهين– ولَّدت حقولاً مغناطيسية والعكس بالعكس.

هذان النوعان من الطاقة مرتبطان بشكل وثيق، إذن. أدرك ماكسويل بأن الكهربائية والمغناطيسية هما ببساطة تعبيران مختلفان لسيل طاقي واحد، أسماه *electromagnetic energy* أو «الطاقة الكهرومغناطيسية». ولما نشر هذه المعادلات واكتشافاته لأول مرة بمقالة عام 1864م، وعى الفيزيائيون لفورهم معنى هذه المعادلات الأربعة وقيمتها التي لا تُقدَّر بثمن.

استمر ماكسويل بالبحث في معادلاته وتوصل إلى حقيقة جديدة تفيد بأنه طالما تذبذب المصدر الكهربائي بتردد عالٍ كافٍ، فإن موجات الطاقة الكهرومغناطيسية المتولدة عنه سوف تتحرر إلى الهواء الخارجي دون الحاجة إلى أسلاك موصلة تنساب من خلالها. لقد كان هذا أول تنبؤ بوجود الموجات الراديوية.

قاس ماكسويل السرعة التي يمكن لهذه الموجات الكهرومغناطيسية أن تنتقل بها، فوجدها مطابقة لأفضل حسابات سرعة الضوء (وقتذاك). من هنا أدرك بأن الضوء ما هو إلا شكل آخر من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي. ونظراً لقابلية تذبذب التيارات الكهربائية بأي تردد كان، أدرك ماكسويل من جديد بأن الضوء هو مجرد جزء ضئيل من طيف مستمر من الإشعاع الكهرومغناطيسي.

تنبأ ماكسويل بالعثور يوماً ما على أشكال جديدة من الإشعاع الكهرومغناطيسي ضمن أجزاء أخرى من الطيف. وبالفعل، اكتشفت الأشعة السينية عام 1895م من قِبَل فلهيلم رينتغن Wilhelm Roentgen. وقبل هذا الاكتشاف بثمانية أعوام، أجرى هينريك هيرتز Heinrich Hertz تجارب على ضوء معادلات ماكسويل ليختبر إمكانية جعل الإشعاع الكهرومغناطيسي ينتقل في الهواء (ينتقل في الفضاء على هيئة موجات من الطاقة). وبسهولة، أوجد هيرتز وتقصى أولى الموجات الراديوية في العالم، مثبتاً صحة معادلات ماكسويل وتنبؤاته.

حقائق طريفة: أستنتج علماء الفلك بأن الطريقة المثلى للاتصال بحضارة ذكية في فلك نجم آخر هي باستعمال الموجات الراديوية. على أية حال، هنالك العديد من العمليات الطبيعية في الفضاء تنتج الموجات الراديوية، والتي لو قدرنا على تحويلها إلى صوت، فإنها ستبدو مثل التشويش الذي نسمعه أحياناً على جهاز الراديو. ولهذا في معرض بحثهم عن حياة ذكية، يعتمد الفلكيون على كومبيوترات حديثة للتمييز بين «الإشارة» (باعتبارها رسالة محتملة) و«الضوضاء» (تشويش).

الوراثة

Heredity

سنة الاكتشاف 1865م

ما هذا الاكتشاف؟ النظام الطبيعي الذي ينقل الخصائص والصفات من جيل لآخر

من المكتشف؟ غريغور مندل Gregor Mendel

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

أجرى غريغور مندل أول دراسة جادة للوراثة. فقد أرست ملاحظاته وطرقه واكتشافاته أسس علم الوراثة ودراسة المورِّثات (الجينات). وما اكتشافات المورِّثات والكروموسومات والـ DNA و فك شفرة الجينوم البشري (مكمَّلا عام 2003م) إلا سلائل مباشرة لإنجاز مندل. وما الانتصارات الطبية الهائلة في القتال ضد عديد من الأمراض إلا تشعبات عن عمل بدأه مندل أول بدأة.

و أخيراً، أمدنا اكتشاف مندل بحد ذاته ببصيرة نفاذة لفهم دور الصفات الوراثية والطرق التي تنتقل بها من جيل لآخر.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

حقول واسعة وحدائق غنّاء كست التلال المنحدرة بلطف حول مجموعة مباني دير برون النمساوي. محصورة بإحدى زوايا حدائق الدير، كانت توجد قطعة أرض صغيرة بأبعاد مائة وعشرين قدما لعشرين، تعود لراهب يدعى الأب غريغور مندل Gregor Mendel يستعملها كمختبر يجري فيها تجاربه عن الوراثة، بمعنى، كيفية انتقال صفات فردية لشخص ما خلال أجيال متعاقبة إلى مجتمع من الأشخاص. وفي شهر أيار (مايو) من عام 1865م، كان الأب قد زرع سادس موسم له من نباتات البازلاء التجريبية.

لقد سبق للعالم الإنجليزي تشارلز داروين أن أوضح مفهوم التطور الحيوي ولكن دون أن ينجح في شرح الكيفية التي تنحدر بها الخصائص، خلال الأجيال المتعاقبة، بحيث يسود بعضها ويظهر في كل جيل، والبعض الأخر يظهر فجأة بشكل عشوائي بين فترة وأخرى. هذا بالذات ما أراد مندل أن يدرسه.

ضرب مندل سلالة من نباتات بازلاء طويلة مع أخرى قصيرة، فأنتج صفاً من النباتات الطويلة جميعاً. وعندما زرع حبوب هذه النباتات الطويلة، حصل على أغلبية من النباتات الطويلة مع قلة من القصيرة. فقد عاودت صفة القصر نفسها بالجيل الثاني.

و بنفس الطريقة، هجن نباتات بازلاء صفراء مع أخرى خضراء فحصل على جيل من النباتات الصفراء. ولكنه حصل على أغلبية من الصفراء مع قلة من الخضراء في الجيل الثاني لمحصوله، دون أن يحصل على نباتات صفراء - خضراء قط. فقد عاد اللون الأخضر ولكن الصفات لم تندمج إطلاقاً. ثم نال النتائج ذاتها لدى تضريبه نباتات بازلاء ملساء مع أخرى مجعدة.

على امتداد ستة أعوام من العمل، وجد مندل النمط ذاته في كل تجربة تضريب يقوم بها. ففي الجيل الثاني كانت تشذ نبتة واحدة من كل أربع مظهرة الصفة المتنحية (الصفة التي لم تظهر إطلاقاً في الجيل الأول)- ودائما بنسبة ثلاثة لواحد.

علم مندل بأن كل نبتة توارثت نسخة من كل صفة (أو مورِّثة) من النبات الأب والأم على حد سواء. ولكن ماذا لو كانت صفة واحدة من كل زوج من الصفات، هي الأقوى دائماً (السائدة)، والأخرى أضعف (متنحية)؟ وبالتالي عندما تمزج الصفات، سيظهر الجيل الأول الصفة السائدة دائماً (جميعها صفراء، جميعها طويلة).

و لكن ثلاثة لواحد....هذا ما حدث في الجيل الثاني! تذكر مندل احتمالية رياضية بسيطة تفيد بإمكان تواجد أربع خلطات محتملة من الصفات في نبات من الجيل الثاني (إما صفة سائدة أو متنحية من كل من نبتة الأب أو الأم). ففي ثلاث من هذه الخلطات، لابد أن تتواجد صفة سائدة واحدة على الأقل، وهي التي تملي ما سيكون النبات عليه. وفي خلطة واحدة فقط -الصفة المتنحية من كلا الأبوين- لن يحدث شيء سوى وجود صفات متنحية: ثلاثة لواحد.

لا تختلط الصفات ببعضها، فهي تتوارث من جيل لآخر وتظهر فقط عندما تسود في نبات ما. هناك عدد لا يحصى من الصفات تنساب إلى كل منا من أجداده، وذلك في علب منفصلة تدعى « المورِّثات أو الجينات »، مطلوب منا نقلها إلى سلالتنا في الأجيال القادمة حتى لو لم «تظهر» الصفة في جيلنا الحاضر.

لم تُعرف القيمة العلمية للهدية العظيمة التي وهبها مندل للعالم على طبق من ذهب إلا عام 1900م، وذلك من خلال عالم آخر، ألا وهو الهولندي هوغو دي فري* Hugo de Vries.

حقائق طريفة: تطلّب مفهوم مندل للوراثة أبوين اثنين. أما النعجة دوللي Dolly the Sheep فكان لديها رأي آخر، إذ صنعت تاريخاً علمياً عام 1997م عندما وُلدت من خلايا نعجة بالغة واحدة في مختبر اسكتلندي. فقد (استُنسِخَت)- تمثل التضاعف الجيني المضبوط لأمها، دون مشاركة خلايا جينية من الأب.

---

* هوغو دي فري (1848-1935م): عالم نبات هولندي عُرف باقتراحه لمفهوم المورِّثات، إعادة اكتشافه لقوانين مندل في الوراثة، و تطوير نظرية التطفر للتطور الحيوي- المترجم.

الحياة في أعماق البحار

Deep-Sea Life

سنة الاكتشاف 1870م

ما هذا الاكتشاف؟ ليست المياه الأبدية الظلام للمحيطات العميقة بصحارٍ عقيمة الحياة، بل ترفل بحياة زاخرة

من المكتشف؟ تشارلز ثومسون Charles Thomson

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

أحدث تشارلز ثومسون تغييراً جذرياً في نظرة العلم للمحيطات العميقة ولمتطلبات العيش فيها. رغم غياب الضوء في أعماق المحيطات المعتمة، تمكّن هذا الرجل من اكتشاف حياة زاخرة ومتنوعة. فقد أثبت بأن الحياة يمكن أن تتواجد بغياب الضوء، بل وحتى أثبت أن النباتات يمكنها أن تحيا في أعماق حالكة الظلام (رغم انتظار العلم قرناً آخر ليكتشف الكيفية التي تعيش بها النباتات محرومة من البناء الضوئي).

أمدّ اكتشاف ثومسون حدود الحياة المحيطية المعروفة من الطبقات العليا الرقيقة للمحيطات إلى الأعماق الشاسعة، كما وفّر أول دراسة علمية للمحيطات العميقة. وجزاء على اكتشافاته، نال ثومسون وسام الفروسية من الملكة فيكتوريا عام 1877م.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد تشارلز ثومسون Charles Thomson عام 1830م في المحيط المالح للساحل الاسكتلندي. بعد انتهاءه من الدراسة الجامعية، شغل مناصب مختلفة بين أروقة البحث والتدريس الجامعي، لحين عام 1867م عندما عيِّن بروفيسوراً لعلم النبات في الكلية الملكية للعلوم في دبلن بايرلندا.

كان المنطق والحكمة يقضيان آنذاك أن الحياة موجودة في الطبقات العليا الضيقة من المحيطات طالما أن الضوء لا يتنافذ إلى أعمق من 250–300 قدم من المياه ليسمح بنمو نباتات المحيط. أما الطبقات العميقة فهي بمثابة صحار عديمة الضوء، عقيمة الحياة. لم يجد أحد داعياً لتحمل مشقة التشكك بمنطقية هذا الاعتقاد. بعدها في أوائل عام 1866م، قام مايكل سارس Michael Sars ببعض عمليات التجريف بساحل النرويج كجزء من

مشروع لتنصيب الأسلاك. فأدعى بأن جرافته اصطادت أسماكاً على عمق يفـوق 1000 قدم.

سخر منه العلماء بدعوى أن جرّافته اصطادت الأسماك في طبقة أعلى خلال نزولها أو صعودها. فمن المستحيل أن يكون سارس اصطادها بمستوى أعمق بكثير مـن «منطقـة الحياة» للمحيط، لأنه ببساطة لا يمكن لأي كائن العيش هناك.

على أية حال، حاز التقرير على اهتمام ثومسون. فبدأ يفكر: ماذا لو كانت الكائنات الحية تسرح وتعيش فعلاً في الأعماق الشاسعة المظلمة للمحيطات؟ هل أعماق البحار هـي الصحاري العديمة الحياة كما تصور الجميع؟ دون الذهاب إلى هناك، كيف لأحد أن يعرف حقيقة ما يجري بهذه الأعماق السحيقة؟

مقتنعا بجدارة هذه المسألة بالتحقيق العلمي الجاد، اقنع ثومسون البحرية الملكية بمنحه رخصة استعمال السفن المعروفة باش ام اس لايتينينغ واش ام اس بوركوباين لغرض القيام باستطلاعات صيفية ولمدة ثلاثة مواسم متلاحقة: أعوام 1868و 1869 و1870م. خـلال هذه الرحلات من سواحل إنجلترا واسكتلندا، استعمل ثومسون شبكات البحار العميقـة والجرافات ليستطلع أي وجود للحياة في مياه بعمق 2000 قدم. اعتقد معظم العلماء بأنـه يهدر وقته ومال البحرية سدى وبأنه يخدع نفسه بنفسه.

خلال مواسم الصيف الثلاثة القصيرة هذه، قام ثومسون بأكثر من 370 اسـتطلاعاً لعمق البحر. فسحب شباكه وجرافاته خلال المحيطات على أعمـاق تـصل 4000 قـدم (1250م)، وشاهد صوراً مستمرة من الحياة على نطاق جميع الطبقات الممسوحة. كانـت شباكه تأتيه دوماً بمختلف اللافقريات والأسماك.

اكتشف ثومسون كل تلك المجاميع من الأسماك التي تعيش وتزهو في أعماق من المحيط لم يمسس فيها أي ضوء عذرية الظلام المعتم.

كما جمع نماذج من المياه العميقة الحبرية السواد، فلاحظ تواجـداً مـستمراً لفُتـات النباتات الميتة التي غاصت إلى أعماق المياه دون أن تؤكل. كما وتوفيت الحيوانات البحرية أيضاً لتضيف على هذا الوابل المتساقط من الأغذية التي تقتات عليها كائنات الأعماق.

عثر ثومسون على جميع الأنواع المعروفة من اللافقريات البحرية في هـذه الأعمـاق وكذلك العديد من أنواع الأسماك الغير المعروفة. كما جرف خارجاً الكثير مـن النباتـات المقيمة بالأعماق، مثبتا أن بإمكان النباتات العيش والنمو بغيـاب ضـوء الـشمس. دوّن

ثومسون اكتشافاته المجفلة في كتاب أصدره عام 1873م بعنوان *The Depths of the Sea* أو «أعماق البحر» –و الذي نُشر مباشرة بعد إبحاره على متن سفينة التشالنجر للقيام برحلة إضافية من خمس سنوات مكمّلا بذلك 70000 ميلاً بحرياً من جمع بيانات بحوث أعماق البحر التي أثبتت وجود حياة الأعماق في محيطات العالم جمعاء.



حقائق طريفة: أعظم حبّار عملاق يتم دراسته كان بطول 36 قدما (11م) عندما جرفت المياه بجثته على أحد شواطئ أمريكا الجنوبية. بلغت المصاصات الدائرية الكبيرة على ذراعيه الطويلين عرض 2,2 إنشاً (5,5 سم). وقد اصطيدت بعض حيتان العنبر وهي تعاني أثاراً حديثة بفعل مصاصات عملاقة بلغ عرضها 22 إنشاً (55,8 سم)، تدل على حبّار مارد يفوق طوله 220 قدما (67م)! إنها تقبع هناك، ولكن لم يرها إنسان منذ أن تحدث البحارة القدماء عن ملاقاتهم لوحوش بحرية عملاقة أثناء أسفارهم.

الجدول الدوري للعناصر

Periodic Chart of Elements

سنة الاكتشاف 1880م

ما هذا الاكتشاف؟ أول نظام ترتيبي ناجح للعناصر الكيميائية التي تكوّن الأرض

من المكتشف؟ ديمتري مندليف Dmitri Mendeleyev

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

عندما يفكر معظم الناس بالعناصر الكيميائية، يتراءى لهم جدول مندلييف الدوري للعناصر. خدم هذا الجدول، باعتباره النظام الوحيد المعتَرف به لترتيب العناصر التي تكوّن كوكبنا، لمدة تقارب 125 سنة. إنه من الأهمية بحيث يُدرَّس لكل طالب يتلقى أولى دروسه في الكيمياء.لقد قاد إلى اكتشاف عناصر جديدة، كما ويُعتبر حجر الأساس لفهم دارس الكيمياء لخصائص وعلاقات عناصر الأرض، وكان عاملاً مساعداً لتصميم وإجراء التجارب الكيميائية ومسرِّعا لتطوير فهم العلم للعناصر الأساسية في مطلع القرن العشرين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

بحلول عام 1867م، نال ديمتري مندلييف Dmitri Mendeleyev، البالغ من العمر ثلاثة وثلاثين عاماً، منصب أستاذ للكيمياء في جامعة سانت بطرسبرج – وكان ذلك بمثابة إنجاز كبير يحققه الابن الأصغر لفلاح روسي أنجب أربعة عشر طفلاً. بغابة شعره الموحشة ولحيته الشعثاء الغريبة وعينيه الداكنتين الثاقبتين، كان مندلييف يُدعى بـ«الروسي المتوحش» من بين زملاءه من كيميائيي أوربا. شرع البروفيسور الجديد لفوره عام 1868م بتأليف كتاب كيمياء منهجي لطلابه.

أول مسألة اعترضت طريقه كانت تكمن في كيفية ترتيب وتنظيم القائمة المتزايدة للعناصر الاثنتين والستين المعروفة بحيث يسهل على طلابه فهم خصائصها. وكان مندلييف قد جمع حينها ذخيرة من البيانات من نتاجه الخاص، بل غالبيتها من نتاج الآخرين– خصوصاً الكيميائيَين الإنجليزيين نيولاند Newland ومايرز Meyers والفرنسي دي شانكورت de Chancourtois.

صنَّف مندلييف العناصر حسب الوزن الذري، التشابه العائلي، طريقة ارتباطها أو عدم ارتباطها بالهيدروجين والكربون والأوكسجين، نوع الأملاح التي تكوِّنها، كونها موجودة على أي من الحالات الغازية أو السائلة أو الصلبة، كونها لينة الملمس أو صلبة، كونها تذوب بدرجات حرارية عالية أم واطئة، وشكل بلوراتها. لكن دون أن يسعفه أي منها في احتواء جميع العناصر الاثنتين والستين ضمن نسق نظامي واحد.

ثم لاحظ مندلييف، عازف البيانو الماهر، أن النوتات على البيانو تتكرر بمدد منتظمة، فكل ثامن مفتاح هو C. ثم لاحظ خصائص التكرار هذه في العديد من الأشياء من حوله: تعاقب الفصول، موجات الماء المرتطمة بالشاطئ، وحتى في الأشجار– تتكرر الأشياء بعد مدة معينة من الزمان أو على مسافة معينة من المكان. لم لا يحدث الشيء ذاته للعناصر؟

كتب مندلييف كل عنصر مع مختلف خصائصه على بطاقات نشرها على الطاولة، وأخذ يقلبها ويرتبها باستمرار بحثاً عن أنماط متكررة. وسرعان ما اكتشف أن كل ثامن عنصر يشترك بالعديد من الصفات العائلية، أو الخواص. بما معناه، حدث في معظم الأوقات أن اشترك كل ثامن عنصر بخصائص مع العناصر الأخرى في العائلة – ولكن ليس دائماً.

وجد مندلييف نفسه عالقا من جديد، إلى أن خَطَر له في احد أيام ذلك الصيف أن عناصر الأرض ربما لم تُكتَشف جميعها بعد، وعليه يجب أن يتيح جدوله مجالاً للعناصر المفقودة.

فرجع إلى كومة بطاقاته من جديد ورتَّبها في صفوف وأعمدة بحيث تكون طريقة ارتباط عناصر كل عمود مع العناصر الأخرى هي ذاتها، وبحيث تكون الخواص الفيزيائية لعناصر كل صف هي ذاتها.

وأخيراً، اندرجت جميع العناصر المعروفة بشكل كامل ضمن هذا الجدول الثنائي الأبعاد. ولكن كان عليه أن يترك ثلاثة ثقوب في جدوله بدعوى أنها ستُملأ يوماً ما بثلاثة عناصر مجهولة لم تُكتشف بعد، بل وأفاض في وصف ما يمكن أن تكون عليه هذه العناصر «المفقودة» شكلاً وسلوكاً معتمداً على الصفات المشتركة للعناصر الأخرى في صفها وعمودها. فضحكت جميع أوربا قائلة بأن هذه التنبؤات هي بمثابة حركات مجنونة لعرّاف غريب الأطوار.

جاء أول الرد من ألمانيا، التي شهدت اكتشاف أولى العناصر «المفقودة» لمندلييف. فاعتبره الوسط العلمي من جديد صدفة ممتعة. ولكن لم تنقض سوى ثماني سنوات حتى اكتشف العنصران الآخران. لقد بدت وتصرفت ثلاثتها كما تنبأ مندلييف بالضبط.

أصاب الذهول علماء العالم أجمع، فدعوا بمندلييف عبقرياً فك طلاسم عالم العناصر الكيميائية. منذ ذلك اليوم واكتشاف مندلييف يتولى زمام قيادة البحث الكيميائي على اتساعه.

حقائق طريفة: ساعد الجدول الدوري لمندلييف على تفنيد الأسطورة الكيميائية القديمة القائلة بتحويل الرصاص إلى ذهب. ولكن في عام 1980م، استعمل العالم الأمريكي غلين سيبورغ Glenn Seaborg سايكلوترونا قويا لرفع البروتونات والنيوترونات من عدة آلاف من ذرات الرصاص (عدده الذري 82) محولاً إياها إلى ذرات الذهب (عدده الذري 79). لا يصيبنك الطمع، فهو لم يحقق ثروة وراء ذلك! إن هذه العملية من الغلاء بحيث تكلّف كل ذرة من الذهب عند سيبورغ بضعة أونصات من الذهب عند الصائغ.

انقسام الخلايا

Cell Division

سنة الاكتشاف 1882م

ما هذا الاكتشاف؟ العملية التي بوساطتها تنشطر الكروموسومات بحيث تتمكن الخلية من الانقسام لتنتج خلايا جديدة

من المكتشف؟ والذر فليمنغ Walther Flemming

لماذا يُعد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تحمل الكروموسومات المورِّثات (الجينات) التي تحمل بدورها جميع مخططات وخرائط بناء وتوظيف الخلايا والحفاظ عليها داخل الجسم. لم يكن لعلم الوراثة أن يتقدم لولا اكتشاف ودراسة هذه التراكيب داخل نواة كل خلية، كما ويعتمد جزء من فهمنا لعلم الأحياء على معرفتنا بالكيفية التي تنقسم بها الخلايا وتضاعف نفسها لعدد لا يُحصى من المرات خلال حياة الكائن الحي.

لقد اكتشف هذان المفهومان كلاهما من خلال تجربة واحدة أجراها والذر فليمنغ. إذ تشكّل اكتشافاته جزءاً من البنية التحتية للعلوم الحياتية الحديثة، كما أن معظم ما نعرفه اليوم عن انقسام الخلايا (المسَّمى *mitosis* أو الانقسام الخيطي) مبني على اكتشافات فليمنغ هذه.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

خلال معظم القرن التاسع عشر، أُعيقت الدراسات الميكروسكوبية المتعلقة بالخلايا ووظائفها وتراكيبها نظراً للتركيب الشفاف للجدران والتراكيب الداخلية للخلايا. فبغض النظر عن جودة الميكروسكوب، كانت هذه التراكيب الداخلية تظهر بأشكال رمادية مبهمة، بحيث كان صعباً – إن لم يكن مستحيلاً – التعليق على أية تفاصيل متعلقة بها.

قام العلماء بصباغة الخلايا أملاً برؤية أفضل لأجزائها. على الرغم من أن جميع الأصباغ كانت قاتلة للخلايا، لكن لم يكن هناك منفذ آخر، بل كانت الصبغة ترتبط على الأقل ببعض التراكيب الدون خلوية دون الأخرى، فتسهل دراستها تحت الميكروسكوب.

على أية حال، لم تكن معظم الأصباغ صالحة للعمل، إذ كانت تلطّخ كامل الخلية بلـــون غامق فتحجب التراكيب التي يُفترض بها إظهارها.

ولد والذر فليمينغ Walther Flemming عام 1843م في ساخسينبيرغ بألمانيـــا. تدرب كطبيب ودرَّس في الجامعات من 1873 (بعمر الثلاثين) ولغاية 1905م (بعمر الثانية والستين). ولطالما عدَّ نفسه تشريحياً ومتخصصاً في الدراسة المجهرية للخلايا.

عثر فليمينغ على صبغة جديدة عام 1879م (من مخلّفات فحم القار) بإمكانها الارتباط جيداً بمواد خيطية معينة داخل نواة الخلية دون معظم المكونات الأخرى للخلية. وأخـــيراً، هناك صبغة تسمح له بالتركيز على تركيب واحد معين ضمن نواة الخلية.

أطلق فليمينغ على هذه المادة المصطَبَغة *chromatin* «كروماتين أو صبغين» (و تعني اللون باللغة الإغريقية). بدأ بعدها بسلسلة من التجارب مستعملاً أجنة السَّمندر، حيـــث قام بقطع شرائح برقة المنديل الورقي من الخلايا الجنينية المستنبطة من البيـــوض المخـــصبة للسمَّندر، وصبغها بصبغته.

بالطبع، قتلت الصبغة الخلايا، الأمر الذي أوقف من نشاط الخلية وانقسامها. فكـــان على فليمينغ أن يدفع ثمن دراسة هذه التراكيب الكروماتينية داخل نواة الخلية الميتة، إذ ما رآه عبر ميكروسكوبه كان عبارة عن سلسلة من الصور «الساكنة» لخلايا مجمَّدة في مختلف مراحل الانقسام. بمرور الزمن، وبتوفر نماذج كافية للدراسة، تمكّن فليمينغ من ترتيب هذه الصور بانتظام لتظهر خطوات عملية الانقسام الخلوي.

ففي بدء العملية، تكثّف الكروماتين بشكل أجسام خيطية قصيرة (غيَّر فليمينغ اسمها من كروماتين إلى *chromosomes* «كروموسومات» اشتقاقاً عن الكلمة الإغريقية بمعنى «الأجسام الملونة»). سرعان ما اتضح لفليمينغ أن هذه الكروموسومات الخيطية الـــشكل تلعب دوراً رئيسياً في عملية الانقسام الخلوي، ولهذا أطلق على هـــذه العمليـــة *mitosis* «الانقسام الخيطي أو المايتوسس» (نسبة إلى كلمة إغريقية أخرى تعني الخيط). ولا تـــزال هذه الألفاظ (كروموسومات، مايتوسس) قيد الاستعمال لحد الآن.

وجد فليمينغ أن الخطوة الثانية تقضي بانشطار كل خيط كروموســـومي إلى خـــيطين متطابقين، فتضاعف بذلك إجمالي عدد الكروموسومات. ثم سُحبت هذه المجاميع المتماثلة من الكروموسومات بعيدة عن بعضها البعض، كل نصف منها باتجاه إحدى نهايتي الخلية، تـــلاه

انقسام الخلية ذاتها. فحصلت كل من الخليتين البنويتين على طقم كامل من الكروموسومات على غرار الخلية الأصل.

اكتشف فليمينغ عملية الانقسام الخلوي ونشر نتائجه عام 1882م، ولكن بقيت القيمة الحقيقية لاكتشاف فليمينغ طي الكتمان لثمانية عشر عاماً. حيث جمع هوغو دي فري عام 1900م بين اكتشاف فليمينغ مع اكتشافات غريغور مندل عن الوراثة مدركا بأن فليمينغ قد اكتشف لتوه الكيفية التي تنتقل بها الصفات الوراثية من الأب لطفله ومن الخلية للأخرى.

حقائق طريفة: شأنهم شأن غيرهم من الأنواع الحية، ينمو البشر من خلية بيضية واحدة إلى كائنات معقدة تتألف من ترليونات الخلايا. كانت لويس براون Louis Brown المولودة في 1978/7/25 م بمدينة أولدهام الإنجليزية، أول طفل أنبوب بشري. لم تحدث أولى انقساماتها الخلوية في رحم أمها، بل في أنبوبة مختبرية.

الأشعة السينية

X-Rays

سنة الاكتشاف 1895م

ما هذا الاكتشاف؟ إشعاع عالي الطاقة يمكنه اختراق جسم الإنسان

من المكتشف؟ فلهيلم رينتغن Wilhelm Roentgen

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لو كنت احتجت يوماً إلى أخذ أشعة تصويرية سينية خلال فحص طبي، فإنك تدين بالشكر والامتنان لفلهيلم رينتغن. تعد الأشعة السينية الطبية واحدة من أقوى الأدوات التشخيصية التي اكتشفت لحد الآن وأكثرها إفادة وإنقاذاً لحياة البشر. كما وتعتبر الأشعة السينية أول تقنية غير نفّاذة للجسم يستعملها الأطباء لرؤية باطن جسم الإنسان، والتي مهّدت الطريق فيما بعد للتقنيات الأكثر حداثة كالرنين المغناطيسي والتصوير المقطعي للجسم.

استفاد الكيميائيون من الأشعة السينية في فهم وفك رموز تراكيب الجزيئات المعقدة (كالبنسلين مثلاً) ولفهم أكثر للطيف الكهرومغناطيسي. منح هذا الاكتشاف للأشعة السينية صاحبه رينتغن جائزة نوبل في الفيزياء عام 1901م عن جدارة*.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1895م كان فلهيلم رينتغن Wilhelm Roentgen، البالغ أربعين وكذا عاماً من العمر، مجرد أستاذ أكاديمي بجامعة فورتسبورك الألمانية يؤدي تجربة مملة حول تأثيرات إمرار الكهرباء خلال قنان مملوءة بالغاز. وفي شهر تشرين الثاني (نوفمبر) من ذلك العام، بدأ بتجارب مختبرية بالطابق السفلي من داره مستعملاً أنبوبة كروك (عبارة عن جهاز لتكبير الإشارة الكهربائية من خلال إمراره في الفراغ الموجود ضمنه).

حدث في الثامن من ذاك الشهر أن لاحظ رينتغن بأن صفيحة فوتوغرافية كانت ملفوفة بورق أسود ومطوية داخل علبة جلدية بالخزانة السفلية لمنضدته قد تم استهلاكها بشكل مريب وخُتمت بصورة مفتاح. المفتاح الوحيد في الغرفة كان المفتاح الكبير لباب

* كانت تلك أول جائزة نوبل في الفيزياء – المترجم.

الحديقة – تذكر أنه رمى به في الخزانة الوسطى للمنضدة قبل عام مضى. لقد كانت الصورة المطبوعة على الصفيحة الفوتوغرافية تعود لذلك المفتاح بالذات.

و الأغرب من ذلك، أنه وجد بأن المفتاح الموجود بالخزانة الوسطى يقع على امتداد خط مستقيم من أنبوبة كروك الزجاجية المسنودة على الحائط إلى الصفيحة الفوتوغرافية في الخزانة السفلى. ولكن لا تنبعث أية أشعة مرئية من أنبوبة كروك ومن المؤكد أن لا ضوء يمكنه النفاذ من خلال المنضدة والعلبة الجلدية ليصل إلى الصفيحة الفوتوغرافية. ما هذا الشيء المريب الذي انطلق عبر الغرفة ومر خلال الخشب والجلد والورق ليستهلك الصفيحة الفوتوغرافية؟ مهما كان ذلك الشيء، فإنه لم يستطع اختراق المفتاح المعدني – مما يفسر تشكيل صورة رمادية داكنة للمفتاح على صفيحته الفوتوغرافية.

افترض علماء آخرون وجود أشعة تنبعث من أنبوبة كروك أطلقوا عليها أشعة الكاثود نسبة إلى اسم إحدى الصفائح المعدنية داخل الأنبوبة. اعتقد كروك ذاته أن هذه الأشعة ربما أتت من عالم أخر. ولكن لم يتكلف أحد بتقصي وقياس ودراسة هذه الأشعة المجهولة.

توقع رينتغن أن فيلمه قد تعرض بطريقة ما إلى أشعة الكاثود. بعدها بأسبوعين، تمكن من إثبات وجود هذه الأشعة المريبة، والتي اسماها *X-rays* أو «أشعة أكس أو الأشعة السينية»– حيث يرمز الحرف X أو س إلى المجهول. فقد تمكّن رينتغن الآن من اكتشاف أن الأشعة السينية تخترق الخشب والورق والكرتون والاسمنت والقماش بل وحتى معظم المعادن – عدا الرصاص.

بغرض إجراء تجربته، قام رينتغن بطلي قطعة من الورق بمادة بلاتينوسيانيد الباريوم (نوع من الأملاح البرّاقة) وعلّقها على الجدار البعيد لمختبره. فعندما أوصل الطاقة بأنبوبة كروك، لاحظ توهج الورقة البرّاقة بلون أخضر خافت، ولما رفع منضدة حديدية أمام الورقة، أسوّدت الورقة في مكان اعتراض المنضدة الحديدة للأشعة.

أنصدم رينتغن كذلك لدى رؤيته لخرائط جميع عظام يده وذراعه على الورقة البرّاقة. وعندما حرَّك أصبعه، تحرَّكت صور العظام أيضاً.

لدى رؤيتها لهذه الصور الإشعاعية الأولية، صرخت زوجة رينتغن خوفاً وهلعاً– فقد ظنت المسكينة أن هذه الأشعة كانت طلائع شر تنذر بالموت. على أية حال، بدأ رينتغن ستة أسابيع من الدراسة المكثّفة قبل إطلاق نتائجه حول طبيعة وإمكانية الأشعة السينية.

في غضون شهر واحد من الزمان، أصبحت أشعة رينتغن السينية حديث العالم أجمـــع. فأطلق عليها المشككون «أشعة الموت» التي ستحطم الجنس البشري، أما الحالمون الملهوفون فقد أسموها «الأشعة المعجزة» التي ستعيد البصر إلى العميان وستبث الجـــداول والمـــسائل المعقدة مباشرة إلى ذهن الطالب.

أما الأطباء فقد سموا الأشعة السينية «الدعوة المستجابة».

حقـائق طريفـة: بإمكان مكينة زاي Z Machine الموجودة في مختبرات سانديا الوطنية بنيو مكسيكو أن تصدر الأشعة السينية بقدرة إنتاجية تعادل حوالي 80 ضعفاً للقدرة الإنتاجية الصادرة عن المولـــدات الكهربائيـــة في العالم أجمع وخلال فترة وجيزة للغاية.

أنواع الدم

Blood Types

سنة الاكتشاف 1897م

ما هذا الاكتشاف؟ يمتلك البشر أنواعاً مختلفة من الدم ليست مطابقة جميعاً لبعض
من المكتشف؟ كارل لاندشتاينر Karl Landsteiner

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

الدم هو الدم – أو هكذا ظن العالم. أما الطبيب النمساوي كارل لاندشتاينر، فقد كان له رأي آخر– إذ اكتشف أربعة أنواع من الدم، يمكن مزج بعضها بأمان وبعضها لا. لقد أنقذ ذلك الاكتشاف ملايين البشر من براثن الموت. فمن يوم نُشرت فيه نتائج كارل لاندشتاينر، أصبحت عمليات نقل الدم أمينة وجزءاً عديم الضرر من الجراحة، فازدادت فرص الحياة لمرضى العمليات الجراحية بشكل ملفت. وبخلقه لجراحة أكثر أمناً وسلامة، جعل لاندشتاينر العديد من الإجراءات الجراحية الجديدة عملية حقاً وممكنة التطبيق.

ساهم اكتشاف لاندشتاينر مساهمة كبيرة في تطوير الفهم البشري لتركيب الدم وكيميائيته، وعبَّد الطريق لعدد من الاكتشافات الطبية الهامة بمطلع القرن العشرين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كانت مدينة فينا النمساوية عام 1897م مدينة جذابة ساحرة – فهي حديثة حداثة أية مدينة أخرى آنذاك. كان الدكتور كارل لاندشتاينر Karl Landsteiner يعمل هناك في مستشفى جامعة فينا، حيث يجري فحوصات طبية لحالات ما بعد الوفاة.

في أحد أيام شهر نيسان (أبريل) من ذاك العام، فحص لاندشتاينر جثث أربعة مرضى توفوا خلال عمليات جراحية، وجميعهم من السبب ذاته: تخثر الدم. كان كل مريض منهم قد تسلَّم دما وتوفي عندما تكتَّلت كرياته الدموية الحمراء مع نظيراتها من الدم المتسلَم، مسببة تخثرات كبيرة سميكة.

كان لاندشتاينر قد أعتاد على رؤية هذه الحالات بين الفترة والأخرى من خلال الآلاف من فحوصات ما بعد الوفاة التي أجراها أثناء مشواره الطبي، وتساءل سبب حدوث هذه المشكلة عند بعض المرضى دون غيرهم.

في تلك الأمسية، عزف لاندشتاينر على البيانو لزوجته وبضعة من أصحابه. لقد كان الشيء الوحيد الذي ظن كارل أنه أتقن أداءه، بينما أجمع معظم من سمعه بأنه يجب أن يترك الطب نحو حياة من النجومية والتألق كعازف بيانو.

في وسط عزفه لمقطوعة موسيقية مألوفة، خَطَر له فجأة أن الحل يكمن في شيء مـــا في دم المريض نفسه. ماذا لو لم يكن الدم كله سواء، كما افترض الجميع؟

و في صبيحة اليوم التالي، جمع لاندشتاينر الدم من عشرين مريضاً، أملاً في توقـــع أي النماذج صالحة للمزج مع بعضها البعض.

ففي صف طويل من أنابيب الاختبار، قام بمزج قطرات قليلة من دم كل مريض مـــع قطرات قليلة أخرى من دم كل مريض آخر.

و استعان بميكروسكوبه ليرى أي الكريات الدموية الحمراء قد تكتَّلت على بعـــضها، وأيها لم تتكتَّل. وقبل انتهائه من نصف عدد أنابيب الاختبار، تعجَّب لاندشتاينر من تمكنـــه بفصل نماذج الدم إلى مجموعتين بسهولة. فكريات الدم الحمراء لأي عضو مـــن مجموعـــة واحدة تعلَّقت بكريات الدم الحمراء من كل عضو في المجموعة الأخرى، ولكنها لم تتعلـــق قط بخلايا الدم لغيرها من أعضاء مجموعتها.

أطلق لاندشتاينر على هاتين المجموعتين «A» و«B». ليس الدم جميعه مطابقاً للجسم إذن، فهو مختلف باختلاف حَمَلته!

دأب لاندشتاينر على تجاربه، فعثر على نماذج دم لا تتفاعل مع أي من نوعَي A وB من كريات الدم الحمر، وأدرك بأنه أمام مجموعة ثالثة من مجاميع الدم. بإمكان أناس هذه المجموعة أن يهبوا الدم بأمان لأي شخص كان. فأطلق على هذه المجموعة الثالثة النوع «O».

بعدها عثر على نموذج من الدم تفاعل مع كل من النوع A وB. فكما أن هناك النوع O الذي لا يتفاعل مع أي من نوعي A وB، هنالك نوع رابع إذن يتفاعل مـــع كليهمـــا. أطلق كارل لاندشتاينر* على هذا النوع الرابع النوع «AB».

---

* لهذا العالم مشاركات أخرى في الطب اهمها مشاركة إيـــروين بـــوبر **Erwin Popper** في اكتـــشاف فيروس شلل الأطفال عام **1909**م ، و كذلك مشاركة الكـــسندر فينـــر **Alexender Wiener** في اكتشاف العامل الريسي **Rh** للدم عام **1937**م.حاز على جائزة نوبل في الطب عام **1930**م، و تـــوفي جراء نوبة قلبية و هو لا يزال يعمل بالمختبر عام **1943**م عن عمر ناهز الخامسة و السبعين – المترجم.

الدم ليس كله سواء، بل هنالك أربعة أنواع متمايزة. فنقل الدم السليم يحتاج طبيباً يحدد نوع الدم لكل من الواهب والمستلم. ورغم أنها تبدو فكرة بسيطة وواضحة، إلا أنها أنقذت حياة الملايين من البشر حتى الآن.

حقائق طريفة: يمتلك الإنسان أربعة أنواع من مجاميع الدم (A, B, AB, O). وللقطط نفس العدد من مجاميع الدم، إلا أن للبقر 800 نوعاً!

الإلكترون

Electron

سنة الاكتشاف 1897م

ما هذا الاكتشاف؟ أول جسيم دون ذري يُكتشف على الإطلاق
من المكتشف؟ جي.جي. ثومسون J.J. Thomson

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لم تكن الذرات قد شوهدت قط. معرّفة على أنها أصغر جسيمات (دقائق) ممكنة من المادة واللبنة الأساسية للمواد جميعها، فإنها من الصغر بحيث لا تدركها العين البشرية- فكانت في أواخر القرن التاسع عشر أكثر نظريةً منها واقعية. كيف لشخص إذن أن يدَّعي بأنه وجد شيئاً ما (أصغر حجماً)؟ بل كيف يمكن للجسيمات أن تصبح أصغر حجماً؟

اكتشف ثومسون الإلكترون وأثبت وجوده- دون أن يتمكن من رؤية أو فصل أي واحد قط. كانت الإلكترونات أولى الجسيمات الدون ذرية اكتشافاً، أو بتعبير آخر أول دقيقة من المادة يتم التعرف عليها بحجم يصغر حجم الذرة. كما وفَّر هذا الاكتشاف أخيراً بعضا من الدليل الفيزيائي والوصف عن الوحدة الأساسية لحمل الكهرباء. لقد افتتحت تجارب ثومسون واكتشافه حقلاً جديداً من العلوم – فيزياء الجسيمات (الدقائق).

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان قد ولد باسم جوزيف جون ثومسون Joseph John Thomson في كانون الأول (ديسمبر) من عام 1856م بمدينة مانشستر الإنجليزية. بعمر الحادية عشرة، أسقط اسميه الأولين مكتفياً بالحرفين الابتدائيين لهما. فبدأ جي.جي. ثومسون بتلقي دروس في الهندسة بكلية أوينز وهو ابن أربعة عشر ربيعاً، مما ساعده بعد ذلك في نصب خلفية رياضية وهندسية لدراسة الفيزياء. حظي عام 1884م بمنصب رئيس مختبر كافينديش الفيزيائي المعروف في كامبردج، والذي شهد إجراء ثومسون لتجاربه التي قادت إلى اكتشاف الإلكترون بعد ذلك بثلاثة عشر عام.

كانت أشعة الكاثود قد اكتشفت من قِبل الألماني يوليوس بلوكر Julius Plucker عام 1856م. على أية حال، لم يقتنع العلماء بماهية أشعة الكاثود هذه. فقد تمخض عن هذا

الاكتشاف جدل واسع: هل أن أشعة الكاثود موجات أم دقائق (جسيمات)؟ وانشغلت خيرة عقول العالم بهذه المسألة المحيّرة.

في عام 1896م، قرر ثومسون أن يقوم بتجارب من شأنها فضّ هذا النزاع المستديم. فصمَّم أنبوبة لأشعة الكاثود وأطلق هذه الأشعة المريبة على صفيحة معدنية، فاكتسبت الصفيحة شحنة سالبة – مما يثبت بأن أشعة الكاثود تحمل شحنة سالبة أيضاً. بعدها، استعان ثومسون بمسطرة مطلية بمادة برّاقة ليثبت قدرة حقل مغناطيسي على حرف أشعة الكاثود (و كان آخرون قد أجروا هذه التجربة أيضاً).

ربط ثومسون صفائح معدنية رقيقة موجود داخل أنبوبته ببطارية، فأظهر بأن للحقل الكهربائي القابلية أيضاً على حرف أشعة الكاثود عن مسارها (مستدلاً بانزياح النقطة المضيئة على المسطرة عند ربطه للبطارية).

و أخيراً، صمَّم ثومسون أنبوبة أشعة كاثود جديدة مع وجود شق ضيق في صفيحة معدنيةـ تُوجَّه من خلاله أشعة الكاثود، ووضع مجالاً مغناطيسياً خلف هذه الصفيحة المعدنية بغرض حرف مسار أشعة الكاثود باتجاه واحد، يعقبه مجال آخر كهربائي مهمته حرف مسار هذه الأشعة ثانية بالاتجاه المعاكس.

أدرك ثومسون القوة التي أولدها هذا الحقلان. وبمجرد قياسه لكمية الانحراف (التغير بالاتجاه) التي أحدثتها كل قوة في مسار أشعة الكاثود، فانه كان سيتمكن من حساب كتلة الجسيمات في هذا السيل من أشعة الكاثود. وهكذا سيحل اللغز من خلال التعرف على الجسيمات المحددة.

أجرى تجربته ولم يصدق نتائجها. فنسبة الشحنة الكهربائية لكتلة الجسيم كانت كبيرة للغاية، وهو ما يعني أن كتلة هذه الجسيمات أصغر بكثير من أي جسيم معروف آخر.

أعاد تجربته مئات المرات، بل وجزّأ جهازه وأعاد جمعه من جديد، ولكنه حصل على النتائج ذاتها. فكتلة هذا الجسيم كانت يجب أن تكون أقل من 1000/1 من كتلة البروتون (ذرة هيدروجين)– أي أقل بألف مرة من أصغر ذرة– فمن المفترض أن يكون أصغر جسيم ممكن.

لقد اكتشف ثومسون جسيماً جديداً– أول جسيم دون ذري. وقد تطلّب منه إجراء مئات من العروض التجريبية وبضع مقالات مفصَّلة قبل أن يصدِّق أحد بوجود جسيماته هذه.

في عام 1891م، أطلق الفيزيائي الايرلندي جورج ستوني George Stoney اسم «الإلكترون» على الوحدة الأساس (الجسيم) للكهرباء دون أن تكون لديه أدنى فكرة عن ماهية هذا الجسيم. فقرر ثومسون استعارة اسم *electron* «إلكترون» هــذا لجــسيمه الجديد طالما أنه حمل تياراً كهربائياً. وفي عام 1898م، وجد رجل فرنسي يدعى بيكيريــل Bequerel الدليل الفوتوغرافي لوجود الجسيمات الدون ذرية مثبتا بذلك صحة نظريــة ثومسون.

حقـائق طريفـة: إذا كان للإلكترون نفس وزن عملة الـــدايم ذات العــشرة سنتات، فإن البروتون سيزن ما يساوي غالوناً من الحليب.

الفيـروس

Virus

سنة الاكتشاف 1898م

ما هذا الاكتشاف؟ أصغر وأبسط كائن حي* والعامل المسبب للعديد من الأمراض للإنسان، بدءاً بالزكام وانتهاءً بالحمى الصفراء المميتة

من المكتشف؟ ديمتري إيفانوفسكي Dmitri Ivanovsky ومارتينوس بيجيرينيك Martinus Beijerinick

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كونها أصغر بكثير من الخلايا والبكتيريا، تُعد الفيروسات أصغر أشكال الحياة على سطح الأرض– من الصغر بحيث يمكنها التكاثر فقط داخل خلية مستضيفة وذلك بأخذ زمام السيطرة على تلك الخلية. كما وتعتبر الفيروسات من الصغر بحيث يمكنها النفاذ من خلال أي مرشّح كان أو مصيدة كانت. وقد رد اكتشافها على العديد من المسائل الطبية العالقة بمطلع القرن العشرين وأكمل النظرية الجرثومية لباستير.

تسبب الفيروسات العديد من أخطر أمراض الإنسان. ولغاية اكتشافها، كانت العلوم الطبية قد تعطلت في تطورها حيال معالجة هذه الأمراض البشرية. عندما اكتشف بيجيرينيك الفيروسات، كان قد اكتشف نوعاً حياتياً جديداً في واقع الأمر، نوعاً من الصغر بحيث لا يستوعبه أي ميكروسكوب عادي إلا تلك الإلكترونية المقتدرة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اكتشف العالم الفرنسي لويس باستير الجراثيم (البكتيريا المجهرية) داعياً بأنها السبب وراء حالات المرض والتعفن. على أية حال، عجز باستير عن رؤية الكائن الدقيق (الجرثوم)

* في الحقيقة، يعارض الكثيرون فكرة كون الفيروسات كائنات حية طالما أنها تفتقد للآلية الأيضية التي تؤهلها للعيش خارج الخلية المضيفة. و لكن بنظر البعض ممن يعرّفون للحياة على أنها «القابلية على نقل المخطط الوراثي إلى الأجيال اللاحقة»، فإن الفيروسات حية بالتأكيد. على كل حال، أنا مقتنع شخصياً بفكرة أن الفيروس يمتطي تعريف الحياة، احد قدميه على جانب المعقدات الفوق جزيئية و القدم الآخر على جانب التراكيب البيولوجية البسيطة – المترجم.

المسبب لداء الكَلَب rabies، رغم محاولاته على مر أكثر من عقد من الزمان وحتى استسلامه عام 1885م. ألقى ذلك بظل من الشك والريبة على نظريته الجرثومية**.

مرض آخر لم يُعثر له أحد على عامل مسبب كان مرض التبغ ألفسيفسائي tobacco mosaic disease (والذي سُمّي نسبة إلى تكون نمط فسيفسائي على أوراق النباتات الموبوءة). في عام 1892م، عهد عالم النبات الروسي ديميتري ايفانوفسكي Dmitri Ivanovsky على نفسه مهمة البحث عن هذا العامل المريب (كان العمل على مرض التبغ ألفسيفسائي أكثر سلامة من العمل على داء الكَلَب القاتل). هرس ايفانوفسكي الأوراق الموبوءة ومرر عصارتها خلال العديد من المرشِّحات الورقية والسيراميكية. وكان معروفاً لهذه المرشحات أن تصطاد جميع الكائنات– حتى أصغر البكتيريا.

على كل حال، كان السائل المرشَّح من خلال هذه المجموعة من المرشِّحات لا يزال قادراً على إصابة نباتات التبغ السليمة بالمرض ألفسيفسائي، مما يدل على أن ايفانوفسكي لم يتخلص من العامل المسبب للمرض. فجرَّب مواد مرشِّحة أخرى وطرقاً علاجية مختلفة وعمليات غسيل للأوراق والعصارة المستخلصة منها، ولكن بقيت نتائجه على حالها. مهما يكن ذاك الشيء الذي يسبب المرض، فإنه تخلص من مصائد ايفانوفسكي.

رفض ايفانوفسكي الاعتقاد بوجود أي كائن حي أصغر من البكتيريا ولهذا فضَّل الاستنتاج بأن العيب في مرشِّحاته التي لا تستطيع فصل البكتيريا الصغيرة. مشمئزاً من هذه النتيجة، تخلى ايفانوفسكي عن كامل مشروعه.

في العام 1898م، قرر عالم النبات الهولندي مارتينوس بيجيرينيك Martinus Beijerinick أن يجرِّب حظه في حل لغز مرض التبغ ألفسيفسائي. فأعاد تجربة ايفانوفسكي وحصد النتيجة ذاتها. ولكن على خلاف سابقه، كان بيجيرينيك على أتم الاستعداد لافتراض إثبات هذه التجربة بأن العامل المسبب هو جديد من نوعه ومجهول– شيء أصغر بكثير من البكتيريا، مما يفسِّر عدم فصله ترشيحياً. اعترف بيجيرينيك بأنه لم

** معروف عن العالم الفرنسي الكبير لويس باستير (1822-1895م) أنه أول من صنع لقاحاً ضد داء الكَلَب، حيث جرّبه على 11 كلبا قبل تجريبه على طفل عمره 9 سنوات يدعى جوزيف ميستيه فأنقذه من براثن الموت. عمل هذا الشخص طوال حياته خادما لمعهد باستير، و عندما ضغط عليه الغزاة النازيون إرشادهم إلى نفق باستير (حيث دُفن) عام 1940م، فضّل الانتحار على الخيانة بمنقذه و سيده، فقتل نفسه و هو في الرابعة و الستين (مكتفيا بالخمسة و الخمسين سنة التي وهبها له باستير بفضل من ربه) – المترجم.

يعرف شيئاً عن ماهية العامل المسبب المجهول، ولكنه دعا بإثبات تجربته لوجوده وبأنه صغير للغاية، وأسماه *virus* أو الفيروس– و هي كلمة لاتينية تعني السم.

بينما بدا هذا الاكتشاف ذا متعة ذهنية لبعض العلماء، إلا أن القليل منهم اهتم بمرض خاص بنباتات التبغ. فخبر اكتشاف الفيروسات لاقى القليل من الانتباه من الوسط الطبي والعلمي.

في عام 1899م، أجرى العالم الألماني فريدريك لوفلير Friedrich Loeffler تجربة مماثلة استنتج من خلالها بأن العامل المسبب لمرض القدم إلى الفم foot-to-mouth disease كان من الصغر بحيث يستحيل أن يكون من البكتيريا وبالتالي لابد أن يكون فيروساً آخر. بعدها بعامين (1901م)، كان الجراح العسكري الأمريكي والتر ريد Walter Reed قد أضناه البحث عن سبب للحمى الصفراء yellow fever التي فتكت بالعديد من جنود بلاده. وبعد تجاربه على هذا المرض المنقول عن طريق البعوض، وجد بأنه أياً كان السبب فإنه لا بد أن يكون من حجم الفيروس. نعم، السبب هو الفيروس بعينه.

أقنع هذا الاكتشاف الوسط العلمي بأن الفيروسات– 1000/1 من حجم أصغر البكتيريا– كانت السبب للعديد من آفات البشر وبالتالي تجب دراستها ومعالجتها بطريقة منفصلة عن البكتيريا. لقد اكتشف ايفانوفسكي وبيجيرينيك*** الفيروسات، ولكن يعود الفضل إلى والتر ريد في تحشيد اهتمام ونشاط المجتمع الطبي والعلمي إلى هذا الميدان.

حقائق طريفة: ما هو الفيروس المرضي الأكثر شيوعا؟ مجموعة الراينوفيروسات rhinoviruses أو «الفيروسات الأنفية»، والتي تتضمن 180 نوعاً على الأقل. تسبب الراينوفيروسات حالات الزكام (نزلات البرد) وتعتبر عالمية التواجد تقريباً، فتصيب كل فرد بالعالم عدا أولئك الذين يعيشون في المناطق المتجمدة للقارة القطبية الجنوبية.

*** اكتشف بيجيرينيك كذلك عملية تثبيت النيتروجين للنباتات (تحويل النتروجين إلى أمونيوم بفعل البكتريا في العقد الجذرية لبعض البقوليات) و ظاهرة اختزال الكبريت للبكتيريا (نوع من التنفس اللاهوائي). فهو لم يعمل على أمراض الإنسان قط، وهو ما يفسر ربما خفوت شهرته قياساً بمعاصرَيه كوخ و باستير– إضافة إلى شخصيته الاجتماعية المهزوزة و سلاطة لسانه على طلابه، إذ حظي بالقليل من المساعدين في مهنته و لم يتزوج أبداً إيماناً منه بتعارض الزواج و العلم و تمسكاً منه بنمط من الزهد و التقشف في الحياة – المترجم.

المايتوكوندريا (بيوت الطاقة)

Mitochondria

سنة الاكتشاف 1898م

ما هذا الاكتشاف؟ الأجزاء البالغة الأهمية لكل خلية والتي تمدُّها بالطاقة وتمتلك الـDNA الخاص بها

من المكتشف؟ كارل بيندا Carl Benda

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تعتبر المايتوكوندريا مصانع طاقة صغيرة في كل خلية. فهي واحدة من التراكيب الصغيرة العديدة التي تطفو في السائل الخلوي (السايتوبلازم) والتي تُسمّى بمجموعها العُضَيّات، ولكنها الأهم من بين جميع الأجزاء الخلوية الأخرى-إضافة إلى النواة.

من الغرابة أن للمايتوكوندريا الـDNA الخاص بها. فأنت تعتمد عليها، وهي تعتمد عليك، ولكنها مع ذلك بمثابة كائنات حية منفصلة أثبتت بأنها ذات قيمة في تقصي التاريخ البشري وتطوره وكذلك في فهم العمل الخلوي. لقد شكّل اكتشافها عام 1898م انعطافاً هاماً في علم الأحياء المجهري.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اكتشف الإنجليزي روبرت هوك Robert Hooke الخلايا عام 1665م عندما فتح ميكروسكوبه على شريحة رقيقة من الإسفنج. وكلما ازدادت الميكروسكوبات تطوراً وقدرةً تكبيرية، كلما ازداد كفاح العلماء في اكتشاف الخلايا بأنسجة نباتية وحيوانية أخرى.

على أية حال، وقفت المشاكل التقنية بوجه تقدمهم في هذا المضمار. فكانت الميكروسكوبات الأكثر قدرة تعاني من صعوبة أكبر في التركيز، حيث كانت تنتج تركيزاً حاداً على مناطق أصغر فأصغر، وهذا ما عرف بـ « الخلل اللوني». في عام 1841م، ابتُكرت ميكروسكوبات غير ملوَّنة خفّفت كثيراً من هذه المشكلة.

كان من المفروض صبغ النماذج النسيجية مما يسمح بظهور الخلايا المنفصلة (و أجزائها) تحت الميكروسكوب. ولكن المشكلة هذه المرة أن الصبغات كانت عادة ما تقتل الخلايا وتحجب ذات الأجزاء الخلوية المراد فحصها. في العام 1871م، أوجد كامينو كولجي

Camino Golgi طريقة جديدة للصباغة الخلوية اسماها «التفاعل الأسود». وأخيراً سمحت هذه الطريقة للعلماء فرصة التمتع بمشاهدة المحيط الداخلي الواقع خلف أسوار الخلية.

حظي الأرشمندريت فيليس فونتان Felice Fontant بمشاهدة نواة خلية من الجلد عام 1781م. وكان الاسكتلندي روبرت براون Robert Brown أول من استعمل لفظة *nucleus* أو «النواة»، كما ويعتبر أول من اكتشف بأن النواة هي جزء أساسي من الخلايا الحية وذلك من خلال دراسته لنبات السحلب. وفي العام 1891م، اكتشف فلهيلم فالدير Wilhelm Waldeyer الخلايا العصبية.

بحلول عام 1895م، كان العديد من الباحثين قد تابعوا الخلايا أثناء انقسامها تحت ميكروسكوباتهم ولاحظوا وجود عدد من التراكيب الصغيرة (أسموها العُضَيّات) داخل كل خلية.

و كان من بين هؤلاء الباحثين رجل من مواليد عام 1857م بجنوب ألمانيا، يدعى كارل بيندا Carl Benda.و منذ ريعان شبابه، تعلّق بيندا بالعالم المجهري وكان من أوائل من أطلقوا على أنفسهم لقب *microbiologist* «مايكروبايولوجي أو مختص بالأحياء المجهرية»، متّخذا من دراسة العالم المجهري مسلكاً لحياته العملية والعلمية. كان التحديق إلى داخل الخلية الحية متعة دونها كل المتع بالنسبة لبيندا.

اتضح عام 1898م بأن السايتوبلازم الخلوي (الجزء الداخلي السائل للخلية) ليس بسائل بسيط متجانس، بل كانت هنالك تراكيب صغيرة تطفو عليه وتعمل أشياء غير مفهومة أبداً.

خلال تجربة له عام 1898م، استطاع بيندا أن يحصل على مئات من التراكيب الصغيرة في السايتوبلازم خلال غشاء خلية ما. اعتقد بيندا أنها لا بد أن تكون أعمدة صغيرة تعمل على الحفاظ على شكل الخلية، فأطلق عليها أسم *mitochondria* أو «المايتوكوندريا»، وهي كلمة إغريقية تعني «خيوط غضروفية». لا هو ولا غيره من علماء زمانه أعطى المايتوكوندريا أي اهتمام يُذكر عدا أنها كانت متواجدة وبأنها كانت جزءاً من التركيب الداخلي للخلية.

بحلول عام 1910م، كان العلماء أكثر قدرة على استراقة النظر من خلال الجدران الخلوية ومتابعة الخلايا الحية أثناء عملها. توقع العديد من العلماء بأن المايتوكوندريا كانت

تمد الخلية بالطاقة. وفي عام 1920م، أثبت العلماء بأن المايتوكوندريا هي فعلاً بمثابة مصانع طاقة توفر أكثر من 90% من إجمالي الحاجة الطاقية للخلية.

في عام 1963م، تبين بأن المايتوكوندريا تمتلك الـــDNA الخاص بها (يُسمى *m*DNA)، والذي يُعد اكتشافاً هائلاً رقّى بالمايتوكوندريا إلى مصاف أهم أجزاء الخلية الحية. فهو يعني بأننا نتشارك في الواقع مع مستعمرات من الحشرات الصغيرة! في وقت ما من الزمن الغابر، عقدت كائنات المايتوكوندريا الدقيقة عقدا مع الخلايا الأكبر، ودفعت بالطاقة جزية مقابل حمايتها. لقد تحركت المايتوكوندريا إلى الداخل، ولكن احتفظت بالــDNA الخاص بها، مما جعل من هذه التراكيب الثانوية الصغيرة فريدة من نوعها بين جميع عناصر الجسم الحي ومادة دسمة للبحوث المستمرة.

و لكن تبقى البداية مع بيندا- رغم أنه لم يمتلك أدنى فكرة عن الأهمية القصوى التي يحملها اكتشافه بين طيّاته.

حقائق طريفة*: تُدعى المايتوكوندريا «بيوت طاقة الخلية»، حيث يتم فيها إنتاج جميع طاقة الخلية- بما في ذلك الطاقة التي تحتاجها لـرف عينيك، أويحتاجه قلبك للخفقان، أو تحتاجها لأداء مهام مذهلة كالقيام بسباق سنوي لصعود 104 طابقاً من بناية الامباير ستايت، والذي تحمل رقمه القياسي بليندا سوسزين Belinda Soszyn (من استراليا) عام 1996م بزمن قدره 12 دقيقة و19 ثانية. تصور كم من الطاقة كانت على المايتوكوندريا المسكينة لهذه المتسابقة إنتاجها!

---

* كثيراً ما كنت أتعجب من ردة فعل بعض لاعبي كرة القدم عند إضاعتهم لركلة ترجيحية في مباراة هامة، إلى أن حصلت معي القصة التالية: لا زلت أتذكر كم من النشوة و الفرحة غمرتني و أنا لا أزال طالبا في ثالث سنوات دراستي للطب عندما اعتقدت أنني توصّلت إلى ارتباط ما بين المايتوكوندريا و البكتيريا. و أتذكر جيداً كيف بدأ الأمر مع ذكر أستاذة المايكروبيولوجي لحجم البكتيريا (0,2-5 مايكرون) فتذكرت أنني قرأت ذات الحجم للمايتوكوندريا في السنة الأولى، و تعجبت من هذه المصادفة. بعدها، و مع استمرار المحاضرات الواحدة تلو الأخرى، بدأت تتجمع لدي معلومات أخرى متطابقة بين الاثنتين - مثلاً الغشاء المزدوج لكليهما، الطيّات الداخلية لغشائهما الداخلي، احتوائهما على الــDNA و الرايبوسومات، قيامهما بعملية الفسفرة المؤكسدة. الخ من الخصائص المشتركة التي بلغت تسعا- إن لم تخني الذاكرة. المهم، لم تدم فرحتي طويلاً، و تحولت إلى حسرة لا تخلو من طرافة، و ذلك عندما علمت بأن هذه الفكرة قد سبقني إليها آخرون دون أن نعلم بذلك (أقصد أنا و أستاذتي التي تعجبت هي الأخرى من هذه المقارنة التي أقمتها) و نحن نعيش في العراق المحاصَر. من يومها أحسست بشعور إضاعة ركلة ترجيحية في مبارة لكرة القدم، بل لا أزال أشعر به و أنا أخط هذه العبارات التي أكتبها الآن بأنامل أكلتها الحسرة! - المترجم.

النشاط الإشعاعي

Radioactivity

سنة الاكتشاف 1901م

ما هذا الاكتشاف؟ ليست الذرات بكُرات صلدة وأصغر دقائق ممكنة للمادة، بل تحتوي بداخلها عدداً من جسيمات أصغر
من المكتشف؟ ماري كوري Marie Curie

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تصدَّر نبأ اكتشاف مدام كوري لعنصرين ذَوي نشاط إشعاعي طبيعي، البولونيوم والراديوم، عناوين أخبار العالم. لكن اكتشافها الحقيقي يكمن في إثباتها بأن الذرات ليست بكرات صلدة صغيرة وبأنها لا بد تحوي جسيمات أصغر بداخلها. لقد فتح هذا الاكتشاف الباب على مصراعيه أمام جميع البحوث الذرية والدون ذرية بل وحتى لانشقاق الذرة بعد ذلك.

أنجزت كوري تجاربها على العناصر المشعة قبل فهم العالم لمخاطر الإشعاع النووي. فعانت اعتلالا في صحتها (مرض الإشعاع) لمعظم حياتها، وظلت دفاتر ملاحظتها نشطة نشاطا إشعاعياً عالياً حتى بعد موت صاحبتها بسنوات.

تُصنَّف دراسات ماري كوري كواحدة من الانعطافات الكبيرة في مسار العلم. فالفيزياء بعد كوري مختلفة تماماً عن فيزياء ما قبلها وهي تركِّز على خبايا العالم الدون ذري المجهول. لقد حطَّمت ماري كوري بابا يخترق صميم الذرة، قاد بعد ذلك إلى معظم التطورات العظمى التي شهدتها فيزياء القرن العشرين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1896م، قررت ماري كوري Marie Curie أن تكمِّل أطروحتها للدكتوراه في حقل جديد من نوعه تماماً: الإشعاع. لقد أمتعتها دراسة شيء لم يره أو يدرسه أحد من قبل. جُلُّ ما كان يعرفه العلماء آنذاك وجود وابل من إشعاع مشحون كهربائياً في الهواء حول مادة اليورانيوم، لا أكثر ولا أقل. استعملت ماري جهازاً ابتكره زوجها البروفيسور بيير كوري Pierre Curie لتقصِّي الشحنات الكهربائية حول النماذج المعدنية، فأطلقت

على هذه العملية بالنشاط الإشعاعي مستنتجة بأن هذا النشاط الإشعاعي منبعث من داخل ذرة اليورانيوم.

و نظراً لأن الزوجين لم يمتلكا مالاً كافياً للصرف على بحثها، وفي وقت رفضت فيه الجامعة تمويلها، اضطرت ماري للاستجداء في سبيل الحصول عن مكان مجاني لإجراء اختباراتها. فعثرت أخيراً على كوخ مهجور كان قد استعمله فرع الأحياء لجمع جثث وجِيَف الحيوانات. لقد كان المكان شديد الحرارة صيفا، قارس البرودة شتاء، مع قلة من المناضد والمقاعد الخشبية وموقد صدئ قديم.

في عام 1898م، مُنحت ماري معدناً خاماً غريباً لليورانيوم يدعى بيتشبليند pitchblende، أظهرت تجاربها أنه يبعث من النشاط الإشعاعي أكثر من كمية اليورانيوم المتوقَّع احتواؤها. فاستنتجت ماري وجود مادة أخرى ضمن تركيب البيتشبليند تعطي الإشعاع الزائد هذا. بدأت العمل بـ 3,5 أونصا منه، مستهدفة إزالة جميع المعادن المعروفة بحيث يكون كل ما يتبقى بالنهاية هو هذا العنصر الجديد النشط إشعاعياً. فقامت بطحن المادة الخامة بمطرقة الهاون، أمررتها من خلال منخل، أذابتها في الحامض، غلت السائل، رشحَّته، قطرَّته ثم حلَّلته كهربائياً.

على مر الأشهر الستة اللاحقة، قامت ماري وزوجها بيير بفصل وفحص جميع العناصر الثمانية والسبعين المعروفة ليتحققا فيما لو كانت هذه الإشعاعات الغريبة متدفقة من أي عنصر آخر عدا اليورانيوم، فقضيا معظم وقتهما في التوسل للحصول على نماذج صغيرة من العناصر العديدة التي لم يقويا على شرائها. وبشكل غريب، كلما كانت ماري تزيل عدداً أكبراً من العناصر المعروفة، كلما كان المتبقي من المادة الخامة يصبح أنشط إشعاعياً من السابق.

ما كان يقتضي أسابيعَ لإنجازه، دام شهوراً طوالاً نظراً لظروف العمل الكئيبة لهذين الزوجين الفقيرين. وفي مارس 1901م، استسلم البيتشبليند أخيراً وباح بجميع أسراره. لم تعثر ماري على واحد بل اثنين من العناصر المشعة الجديدة: البولونيوم (أسمته ماري تيمناً باسم بلدها الأصلي بولندا)* والراديوم (سُمّي كذلك لأنه كان أكثر عنصر نشط إشعاعياً يتم اكتشافه). فقد حضَّرت ماري نموذجاً صغيراً من ملح الراديوم النقي وزنه 0,0035

* وذلك في بادرة وطنية منها تجاه بلدها المقسَّم آنذاك بين روسيا و بروسيا و النمسا – المترجم.

أونصا – أقل من وزن رقيقة بطاطس– ولكنه كان يفوق اليورانيوم نشاطاً إشعاعياً بمليون مرة!

نظراً لعدم اكتشاف مخاطر الإشعاع حينذاك، عانى كل من ماري وبيير مشاكل صحية كثيرة: أوجاع وآلام مختلفة، تقرحات على اليدين، إعياء مزمن، نوبات مستمرة من أمراض خطرة كالالتهاب الرئوي، إلى أن لاقت ماري حتفها مقتولة بالإشعاع الذي وهبت جميع عمرها لدراسته، وذلك عام 1934م**.

حقائق طريفة: شكّل عدد النساء الحائزات على جائزة نوبل 34 فقط من أصل 723جائزة مُنحت لحد عام 2005م. لم تحظ ماري كوري بشرف كونها أول امرأة تحصل على جائزة نوبل فقط، بل وتعد من بين أربعة أشخاص فقط حازوا عليها مرتين***.

** تحفل حياة مدام كوري بنماذج أخرى من التضحية، ففي وقت لم تقدر هي و زوجها على الذهاب فيه إلى السويد لاستلام جائزة نوبل عام 1903م، فإنهما تقاسما المكافئة المادية بعد ذلك مع المحتاجين من معارفهما، و خصوصاً الطلبة منهم – المترجم.

*** يستمر مسلسل إحصائيات نوبل مع مدام كوري: فهي الشخص الوحيد الحائز عليه في فرعين من فروع العلم (الفيزياء 1903م، الكيمياء 1911م)، و أول اثنين حازا عليه في حقلين مختلفين. حاز زوجها و ابنتها و صهرها على النوبل جميعاً(لاقت ابنتها نفس مصيرها و من البولونيوم بالذات)- المترجم.

طبقات الغلاف الجوي

Atmospheric Layers

سنة الاكتشاف 1902م

ما هذا الاكتشاف؟ يمتلك الغلاف الجوي للأرض طبقات متمايزة من الهواء، كل طبقة منها تنفرد بدرجات حرارتها، كثافتها، رطوبتها، وغيرها من الخصائص

من المكتشف؟ ليون فيليب تيسيرين دي بور Leon Philippe Teisserenc de Bort

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

ما الذي يمكنه أن يكون أكثر أساسية لفهم كوكب الأرض من معرفة ما يقع بين سطح الأرض ومركزه، أو بين سطحه والفضاء الخارجي؟ ومع ذلك بزغ فجر القرن العشرين على العلم وهو لا يمتلك أدنى فكرة عما كان عليه الغلاف الجوي بأكثر من ميلين اثنين فوق سطح الأرض.

كان تيسيرين دي بور أول من وسع مدارك العلم ليستوعب الطبقات العليا من الغلاف الجوي للأرض. فقد أمدَّنا اكتشافه بأول صورة دقيقة لغلافنا الجوي وأرسى أسس فهمنا للظواهر الجوية (العواصف، الرياح، السحب...الخ). كما كان تيسيرين دي بور أول من يأخذ بأدوات علمية إلى أعالي الجو.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

من مواليد باريس عام 1855م، عيِّن ليون فيليب تيسيرين دي بور Leon Philippe Teisserenc de Bort رئيسا للمركز الإداري لدراسات الأرصاد الجوية الوطنية في باريس وهو بعمر الثلاثين. هناك، أصابته خيبة أمل لاعتقاده بأن عجز العلم عن فهم وتوقع الطقس ناجم عن قلة معرفة بالجو لأكثر من ثلاث أو أربع كيلومترات فوق سطح الأرض.

بالطبع، كانت الرحلات المنطادية الجوية (المملوءة بالهواء الحار والغاز) التي قام بها البعض، قد حملت أجهزة إلى الجو لدراسته. ولكنها لم تخاطر قط بالصعود لمستوى أعلى من

أربع أو خمس كيلومترات بالجو، طالما تفتقد هذه المناطق للأوكسجين الكافي لتـــنفس رواد هذه المناطيد.

في عام 1895م، تخلّى تيسيرين دي بور عن منصبه مكرِّساً جل وقته لتطوير مناطيـــد غازية عالية الانطلاق وبدون رواد من البشر، وذلك في قصره بفيرسيل (في ضواحي مدينة باريس). على مر السنوات الخمسة اللاحقة، صمّم تيسيرين دي بور علبـــة مـــن الأدوات موضوعة في سلة مصنوعة من أغصان الأشجار اللدنة لتطير بها مناطيده. كانت مجموعة من المحارير والمضاغيط قد رُبطت إلى أجهزة قياس بحيث يحصل صاحبها على قياسات مدوّنـــة للظروف الجوية العليا حالما يعود المنطاد إلى الأرض.كما صمّم نظام إطلاق ومظلة لحمـــل السلة بعد إطلاقها من المنطاد الطائر وذلك بغرض إنزال علبة أدواته برفق نحو الأسفل.

وجد تيسيرين دي بور بأن اقتفاء السلة والمظلة أكثر صعوبة مما تخيَّله للوهلـــة الأولى، حتى بعد الاستعانة بتلسكوب، فقد اقتضت كل رحلة للمنطاد تدافعاً مجنوناً عـــبر الريـــف للإبقاء بالعلبة الهابطة ضمن مستوى النظر. ومع هذا لم يعثر على بعض هذه العلب قـــط، فقد غاصت بعضها في الأنهار والبحيرات، وتحطمت أخرى بعد فشل عمل مظلاتها.

أستمر تيسرين دي بور بالمواظبة على عمله– وندهش من هول ما اكتشف. كانـــت درجات حرارة الجو تنخفض بمعدل ثابت مقداره 6,5 درجة سيليزية لكل كيلـــومتر مـــن العلو (19 درجة فهرنهايت لكل ميل)، وقد كان هذا الانخفاض متوقعاً.

حدث ما لم يكن في الحسبان على علو حوالي 11 كم (7 ميـــل، أو قرابـــة 37000 قدم)، حيث توقفت الحرارة كلياً عن الانخفاض وحافظت على مستوى مقداره –53 درجة سيليزية لعلو فاق 48000 قدما (و هو العلو الذي كان بمقدور مناطيد تيسرين دي بـــور بلوغه).

لم يستوعب تيسيرين دي بور فكرة أن تكون الحرارة قادرة على التوقف عن الهبوط، فتوقع بأن تكون أدواته قد صعدت إلى علو تدفئ فيه حرارة الشمس المحرار لتعوِّض بذلك عن الهبوط المستمر لحرارة الجو. ومن هنا عزم على إطلاق مناطيده أثنـــاء الليـــل تلافيـــاً لاحتمالية التسخين الشمسي هذه –رغم صعوبة اقتفاء نزول المظلة. فتكررت نتائجه حتى في الليل، وبقيت الحرارة ثابتة فوق مستوى 11 كم.

بعد إجراء 234تجربة، سلم تيسيرين دي بور بدقة نتائجه وبوجود طبقتين منفـــصلتين من الغلاف الجوي. فبالقرب من سطح الأرض، تقع طبقة سفلى بسمك 11 كم تحدث فيها

التغيرات الحرارية المسؤولة عن حدوث التيارات والرياح والغيوم والطقس، وفوقها طبقة أخرى تتمتع بدرجة حرارية ثابتة تسمح باستقرار الهواء ضمن طبقات هادئة مرتَّبة.

أطلق دي بور على الطبقة السفلى اسم *troposphere* أو «التروبوسفير» المشتق من كلمات إغريقية تعني «كرة التغير»، وعلى الطبقة العليا اسم *stratosphere* أو «الستراتوسفير»* المشتق كذلك من كلمات إغريقية تعني «كرة الطبقات». لا يزال هذا الاكتشاف لتيسيرين دي بور أساس فهمنا للغلاف الجوي.

حقائق طريفة: يدرك العلماء الآن بأن الغلاف الجوي يتألف من طبقات عدة، ولكن تبقى التروبوسفير الطبقة التي يقع في نطاقها طقس العالم أجمع.

* الستراتوسفير هي الطبقة الحاوية على الأوزون O_3 (10–50 كم عن سطح الأرض)، الذي يعمل على امتصاص 93–99% من الأشعة الفوق البنفسجية المضرة بالحياة – المترجم.

الهورمونات

Hormones

سنة الاكتشاف 1902م

ما هذا الاكتشاف؟ المراسلات الكيميائية التي تسبب فعلاً (تأثيراً) في مختلف أعضاء الجسم

من المكتشف؟ وليام بايليس William Bayliss وارنست ستارلنغ Ernst Starling

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

مع بزوغ فجر القرن العشرين، اعتقد العلماء بأن جميع إشارات السيطرة في جسم الإنسان كانت تُرسل كهربائياً على امتداد الألياف العصبية. ثم اكتشف بايليس وستارلنغ وجود مراسلات كيميائية – تُدعى الهورمونات– وكذلك إشارات كهربائية تحث أعضاء الجسم على أداء مهامها. فافتتح هذا الاكتشاف المذهل حقلاً واسعاً من علم الطب: علم الغدد الصُّم endocrinology، وأحدث ثورة في الفسلجة حتى عُدَّ واحداً من أعظم الاكتشافات المتعلقة بجسم الإنسان في كل زمان.

فور اكتشافها وإنتاجها تجارياً، استُقبلت هذه الهورمونات بالحفاوة والتكريم باعتبارها الأدوية المعجزة التي أصبحت بمتناول وصول الناس في الأسواق. كان الأدرينالين (أول الهورمونات المكتَشفة) بمثابة أول «قنبلة» دوائية في القرن العشرين، فتبعته هورمونات أخرى على الفور.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

حظي بايليس وستارلنغ بشرف اكتشاف الهورمونات. ولكن علينا ألّا نبخل ببعض من هذا الشرف على أولئك الذي سبقوهما ببضعة سنين، ممن اكتشفوا فعلاً أول هورمون – رغم أنهم لم يدركوا المغزى الحقيقي لاكتشافهم.

خلال سلسلة طويلة من التجارب الحيوانية عام 1894م، أظهر عالم الفسلجة البريطاني إدوارد ألبرت شاربي– شافير Edward Albert Sharpey-Schafer بأن السائل المستنبط من الغدة الكظرية يؤدي إلى رفع الضغط في حال حقنه داخل التيار الدموي

للحيوان. فظن أنها مجرد نتيجة ممتعة دون أن تجدي بأية فائدة عملية. وبعدها في عام 1898م، أدرك عالم الأدوية الأمريكي جون أبيل John Abel القيمة الطبية لهذه المادة ودرس منشأها وتركيبها الكيمائي، فنجح في فصل المادة الكيميائية الأساسية من هذا السائل وأسماها *epinephrine* أو «إيبينفرين»- وهي كلمة مشتقة من اللغة الإغريقية بمعنى «فوق الكلية»، دلالة على موقع الغدة الكظرية.

بعدها بعامين، نصب رجل الأعمال والكيمائي الياباني جوكيتشي تاكاميني Jokichi Takamine مختبرا في نيويورك لعمل نسخة اصطناعية عن الإيبينفرين في صيغة بلورية نقية يمكن إنتاجها تجارياً. فنجح في مسعاه عام 1901م، وأسماها *adrenalin* أو «أدرينالين» دلالة على منشأ المادة الطبيعية الأصلية من الغدة الأدرينالية (الكظرية).

بينما أيقن تاكاميني القيمة التجارية لمنتوجه (و حصل على براءة اختراع التسمية وطريقة التحضير)، لكن فاته المغزى البيولوجي لإيجاد مادة كيميائية تنتقل خلال مسرى الدم لإيصال رسالة تفعيل لعضو ما.

في عام 1902م، بدأ أستاذان وباحثان طبيان من جامعة كلية لندن بدراسة العصارات الهضمية. كان أولهما في الأربعين من عمره يدعى ويليام بايليس William Bayliss، أما زميله فلم يكن سوى نسيبه البالغ من العمر أربعة وثلاثين عاماً والمدعو إرنست ستارلنغ Ernest Starling.

كان علماء الطب على علم بأن البنكرياس يقوم بإفراز عصارة هضمية ريثما ينتقل الطعام من المعدة إلى الأمعاء الدقيقة. ولكن كيف علم البنكرياس بوجوب إفرازه للعصارة بذلك التوقيت؟ افترض الجميع وجود إيعاز كهربائي مُرسَل بطريقة ما عبر الخلايا العصبية. فقرر بايليس وستارلنغ وضع هذه النظرية موضع الاختبار.

قام الاثنان بقطع الأعصاب المؤدية إلى البنكرياس لكلب مختبري. ولكن استمر البنكرياس في تمثيل أداءه ملتزما بحذافير النص. و بتمحيص أكثر في الدراسة، وجدا بأن بطانة الأمعاء الدقيقة للكلب قد أفرزت مادة سائلة فور وصول الحامض المعدي إليها. فانتقل هذا السائل (أو ما أسمياه *secretin* «السكريتين») خلال مسرى الدم إلى البنكرياس وأوعز له بذاك الأداء المتقن.

خلافاً لتاكاميني، أدرك بايليس وستارلنغ بأن هذه كانت بمثابة أول حالة موثّقة لإشارة تُرسل كيميائياً خلال الجسم بدلاً عن إرسالها كهربائياً على امتداد الألياف العصبية. وصرحا بملاحظاتهما هذه، فكانت محل ابتهاج واستغراب المجتمع العلمي على حد سواء.

توقع بايليس وجود العديد من المراسلات الكيمائية الأخرى سيتم العثور عليها في المستقبل. ولدى قراءته لتقرير عن عمل تاكاميني، أدرك بايليس أن الأخير قد اكتشف لتوه عضواً آخر من مجموعة المراسلات الكيميائية من خلال عزله للأدرينالين.

في عام 1905م، ابتكر ستارلنغ* لفظة *hormones* أو «هورمونات» لوصف هذه المجموعة المتنامية من المراسلات الكيمائية، وذلك اشتقاقاً عن كلمة إغريقية تعني «أن تثير لنشاط ما». فكان ثالث هورمون يُكتشف هو *cortisone* «الكورتيزون» وذلك عام 1935م من قِبل البايوكيميائي الأمريكي إدوارد كالفن Edward Calvin. أما الآن، فهنالك حوالي 30 هورموناً مُكتَشفاً يقوم بتسريع مختلف الإيعازات خلال الجسم – و التي مهما أفضنا في ذكر فوائدها، لن نصل حد المبالغة.

حقائق طريفة: روبرت إيرل هيوز Robert Earl Hughes، الرجل الأضخم في العالم، كان يزن 484 كغم (1067 رطل) عند وفاته عام 1958م. بعد سنوات من وفاته هذه، اكتشف العلماء أنه كان يعاني نقصاً في هورمون الثايروكسين. فبدون هذا الهرمون الحيوي، لم يقدر جسمه على حرق الطعام الذي كان يتناوله، فاستمر بخزنه على شكل دهون.

---

* إن لهذا العالم مشاركات أخرى مهمة في الطب، منها: اكتشاف الحركة الدودية للأمعاء (مع بسايليس)، وظيفة القنيات الكلوية البعيدة في امتصاص الماء و السوائل، معادلة معروفة باسمه لوصف حركات السوائل داخل الجسم، و قانونا معروفاً باسمه يوضح عمل القلب– المترجم.

$E = mc^2$ طا = ك س^2

سنة الاكتشاف 1905م

ما هذا الاكتشاف؟ أول علاقة مثبّتة بين المادة والطاقة

من المكتشف؟ ألبرت آينشتاين Albert Einstein

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

طوال التاريخ، كانت المادة مادة والطاقة طاقة، فالاثنتان كانتا بمثابة مفهومين مختلفين لا علاقة لهما ببعضهما البعض. ثم جاء آينشتاين ليثبّت العلاقة بين المادة والطاقة بوضعه للمعادلة الأشهر في تاريخ البشرية، طا = ك س^2 (تليها شهرة نظرية فيثاغورس للمثلث القائم الزاوية، أ^2= ب^2+ جـ^2).

عرّفت نظرية آينشتاين، لأول مرة، العلاقة الكمية بين المادة والطاقة، وعنت بأن هذين الجانبين من الكون والذَين لطالما اعتُبرا منفصلَين كانا في الواقع قابلَين للمبادلة ببعض أو بمثابة وجهَين لعملة واحدة.

لقد غيَّرت هذه المعادلة لوحدها من مسار البحث الفيزيائي، جعلت من حساب مايكلسون لسرعة الضوء (1928م) أمراً بالغ الأهمية، وقادت مباشرة إلى تطوير القنبلة الذرية والطاقة النووية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1903م، حصل ألبرت آينشتاين Albert Einstein، البالغ من العمر أربعة وعشرين عاماً، على وظيفة كاتب تسجيل لصالح مكتب تسجيل براءات الاختراع السويسري. كان جل عمله يقضي بالتحقيق في الصحة التقنية لطلبات التسجيل. ورغم أنه طالما حلم وسعى وراء وظيفة في الحقل العلمي، إلا أنه فشل فشلاً ذريعاً في التوغل إلى ذلك العالم. فقد رسب في دراسته الثانوية وحرم من التدريس نهائياً.

كان آينشتاين متزوجاً وقتذاك بصديقته أيام الدراسة الثانوية، ويعيش كرجل بيروقراطي من الطبقة الفقيرة بالكاد يقتات رزقه في مدينة برن بسويسرا. وكان كل شيء يدل على أنه سيقضي باقي حياته على تلك الحال.

رغم إبعاده عن التعليم الرسمي، إلا أن ذلك لم يمنع آينشتاين من أن يكون رياضياً وفيزيائيا هاوياً وشغوفاً، يقضي معظم أوقات فراغه تقريباً في التدبر والتفكير بالألغاز والمسائل العظيمة التي كانت تواجه فيزيائيي زمانه.

برع آينشتاين فيما أسماه التجارب الذهنية، التي بحث من خلالها عن صور ذهنية خلابة بإمكانها تسليط الضوء على المسائل الفيزيائية المعقدة، وإضفاء منظور جديد عليها. ثم بدأ بتطبيق الطرق الرياضية التي كان ضليعا بها لشرح هذه الصور ولفهم تطبيقاتها في الفيزياء.

في العام 1904م، كان آينشتاين يحاول توسيع نطاق فيزياء عصره بالتركيز على العلاقات بين الضوء والفراغ والوقت. وتمكّن من إظهار أن الضوء موجود على شكل موجات ودقائق (جسيمات) على حد سواء*. (نطلق على دقيقة واحدة أو كم واحد من الضوء بالفوتون).

قاد هذا العمل آينشتاين إلى مبدئه الثوري للنسبية، فتوصّل إلى عدد من النتائج المذهلة من خلال الحسابات الرياضية التي وصفت هذا المبدأ. الوقت من اللدانة كما هو الفراغ (المكان)، يتباطأ كلما أسرع الجسم، والأجسام بدورها تزداد كتلة كلما اقتربت في سرعتها من سرعة الضوء. أرست النظرية النسبية لأينشتاين ارتباطاً مباشراً بين الفراغ (المكان) والوقت (الزمان) وأظهرت بأن كليهما يعوَّج ويتشوه حول الأجسام الثقيلة (كالنجوم مثلاً)، وبأن قياسهما ممكن فقط من مفهوم نسبي وليس مطلق.

من هذا الأساس النظري البحت، استمر آينشتاين بتطوره الرياضي وأظهر بأن الجسم كلما اقترب من سرعة الضوء، كلما ازداد طوله، ازدادت كتلته، وتباطأ الزمن. (و قد تم تأكيد هذا المبدأ لاحقاً باستخدام ساعة دقيقة محمَّلة على طائرات نفاثة عالية السرعة)

فإذا كانت المادة تتغير بازدياد سرعتها، فإنها لا بد أن تكون ذات علاقة ما بالطاقة. وأدرك آينشتاين بأن نظريته النسبية تدل على أن المادة هي نوع عالي التركيز من الطاقة، وتوقع بأنه قادر على استنتاج علاقة رياضية بينهما.

علم آينشتاين بأن هذا المفهوم الثوري يناقض المفهومَين المشهورَين والمقبولَين بحذافيرهما لحفظ الكتلة (لافوازيه، 1789م) وحفظ الطاقة (هيمهولتز، 1847م). كان آينشتاين يقول ببساطة أن عملاقي العلوم هذين مخطئان، فلا الطاقة ولا الكتلة كانت مستقلة الحفظ عن

* ليفضَّ بذلك نزاعاً طال أمده بين أنصار النظرية الدقائقية لنيوتن و النظرية الموجية الكهرومغناطيسية لماكسويل، و ذلك من خلاله إثباته للطبيعة المزدوجة للضوء – المترجم.

الأخرى، ولكن مجتمعتين، فإن الطاقة الكلية لهذه المنظومة الطاقية – الكتلية يجب أن تظل ثابتة.

أظهر آينشتاين بأن معادلة الطاقة – الكتلة التي أشتقها (طا = ك س^2) كطبقة سكر تغطي سطح كعكته من النظرية النسبية. فنشر مقالة عنها وكأنها فكرة ملحقة بنظريته النسبية وناجمة عنها. فبالنسبة لصاحبها، كانت هذه المعادلة تهم فقط من وجهة نظر فيزيائية وعلمية لا غير، أو كطريقة لتبيان العلاقة النظرية المتبادلة بين الكتلة والطاقة. لم يعتقد بأنها كانت مهمة بالذات.

أما الآخرون، بطبيعة الحال، فقد استوعبوا بسرعة تطبيقات معادلة آينشتاين لتصميم الأسلحة ولإنتاج الطاقة النووية. «العالم» قال ألدوس هكسلي** Aldous Huxley وهو يراجع فيزياء آينشتاين «ليس فقط أغرب مما نتصور، بل أغرب مما يمكن أن نتصور»***.

حقائق طريفة: تخبرنا المعادلة المشهورة لأينشتاين كم من الطاقة موجود بالضبط في أي جسم (أو كتلة)كان. مهما يكن من أمر، فإن تفاعلاً واحداً فقط بإمكانه تحرير كل هذه الطاقة: الاصطدام المادي – الضد مادي، المحوِّل المضبوط الوحيد للمادة إلى الطاقة في الكون.

** الكاتب الإنجليزي المعروف (1894-1963م)، صاحب الرواية الشهيرة (العالم الجديد الشجاع Brave New World)، التي تحدث فيها عن حالة من «اليوتوبيا» سيشهدها النصف الأخير من القرن العشرين– المترجم.

*** لعل من غرائب هذه المعادلة (طا =ك س^2)، أن الطاقة المتضمنة في كتلة كغم واحد يمكن أن تشغل مصباحاً كهربائياً بقدرة مائة واط لثلاثين مليون سنة و تحرك سيارة لمائة ألف عام، و أن شمس اليوم تقل كتلة عن شمس الأمس، ففي كل ثانية تتحول أربعة ملايين طن من كتلة الشمس إلى طاقة – المترجم.

النسبية

Relativity

سنة الاكتشاف 1905م

ما هذا الاكتشاف؟ نظرية آينشتاين بأن المكان والزمان مندمجان ليكوّنا بنيان الكون والذي يعوّج ويتشوه بفعل الجاذبية

من المكتشف؟ ألبرت آينشتاين Albert Einstein

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يُعد ألبرت آينشتاين واحداً من ثلاثة أو أربعة علماء فقط في التاريخ ممن غيَّروا الطرق الأساسية التي ينظر بها البشر للكون. فقد غيَّرت النظرية النسبية لأينشتاين لب افتراضات الجنس البشري حول طبيعة الكون وموقع الأرض والبشر فيه.

التطورات التي شهدها القرن العشرون في المجالات التكنولوجية والعلمية والرياضية تدين بتأسيسها لهذا العالم المتواضع بشكل عميق وجوهري. لقد لامس حياتنا ربما أكثر من أي عالم آخر في التاريخ. ولكن طيلة السنين الستة والعشرين الأولى من حياته، لم يفكر أحد بأن لديه أية فرصة في دخول عالم العلم على الإطلاق.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ناشئا في مدينة ميونيخ بألمانيا، لم تبدُ على ألبرت آينشتاين أية إمارات العبقرية. فقد وُصف بالطفل البليد الذي لا يجيد اللعب مع الأطفال الآخرين. أما معلمو قواعد اللغة فقد دعوه بالمشوِّش والمزعج. كانت النتيجة أن طُرد آينشتاين من المدرسة بسن السادسة عشرة. فشجَّعه والده أن يتقدم للدخول في معهد التقنيات المتعددة بمدينة زيورخ السويسرية، وأن يتعلم صنعة أو تجارة يساعده فيها على إعالة أسرته. لكنه فشل في اختبار الدخول.

وأخيراً تأثر مدير مدرسة بقابليات آينشتاين الحسابية ورتَّب له لإنهاء دراسته الثانوية على مقربة من مدينة آرو السويسرية. وبعمر السابعة عشرة، انتقل ألبرت إلى مدينة زيوريخ.

هناك أظهر بعض الفائدة في مواضيع الحساب والعلوم، ولكن تراكمت عليه العديد من التقارير والعقوبات التأديبية. فلقد كان حرا بآرائه دون أن يهمه كونها مؤذية أو مغيظة أم لا، فحصد عليها تقديرات سيئة من أساتذته، حتى أن أحدهم أسماه «الكلب الكسول».

كان آينشتاين يأمل أن يعمل في سلك التدريس، ولكن لم تسعفه درجاته وتقديراتــه. أصابه الاشمئزاز فترك العلم وراءه وبدء بامتهان وظائف غريبة لإعالة نفــسه. وفي العــام 1902م، حظي بوظيفة كاتب في دائرة تسجيل براءات الاختــراع السويــسرية مهمتــه التحقيق في الصحة التقنية لطلبات التسجيل، فبدت له جميع الأبواب المؤديــة إلى الــسلك العلمي موصدة بوجهه.

كان أثناء ركوبه لعربة في مدينة برن السويسرية في يوم من أيام ربيــع عــام 1904م عندما ومضت الصورة لأول مرة في مخيلة ألبرت آينشتاين. كانت الصورة لرجل يركــب مصعداً يهبط من ارتفاع كبير. فأدرك آينشتاين لفوره بأنه يمكن لصورة هــذه «التجربــة الذهنية» أن تنوه بمسألة لطالما قضّتْ مضجعه (أسوة بغيره من العلماء) لسنوات عديدة.

علم آينشتاين بأن الرجل الذي في المصعد لم يكن يعرف بهبوطه، لأنه لم يكــن يهــبط بالنسبة لمحيطه (المصعد). كما أنه لم يكن قادراً – مثلنا– على معرفــة بأنــه (و مــصعده) مسحوبان بفعل مجال الجاذبية. ولو دخلت حزمة أفقية من الضوء خلال جانب المصعد فإنها كانت ستضرب الجدار البعيد على مستوى أعلى لأن المصعد كان سيترل لمستوى أدنى أثناء اختراق الحزمة لجداره. كان سيبدو للرجل وكأن حزمة الضوء قد انحنت للأعلى، بينما في منظورنا (بالنسبة إلينا) انحنت حزمة الضوء بفعل حقل الجاذبية. فالضوء لم يكن فقط غــير قادر، بل كان من الروتيني له، أن ينحني بفعل حقول الجاذبية للنجوم والكواكب.

لقد كان ذاك مفهوماً ثورياً حريّاً بأحد أعظم الأذهان العلمية في العالم. اعتاد آينشتاين اللجوء إلى هذه «التجارب الذهنية» التخيلية لتسليط الضوء على المسائل المعقدة للمبادئ العامة. كانت تلك طريقة جديدة وفريدة من نوعها لدراسة الفيزياء وقادت آينــشتاين إلى كتابة سلسلة من أربعة تقارير أرسل بها إلى مجلة علمية عام 1905م، قدَّم في أحدها للنظرية النسبية الخاصة (المبادئ النسبية المطبَّقة على الأجسام المتحركة بسرعة ثابتة أو الــساكنة). وشرعت المجلة المتأثرة بهذه النظرية الجديدة بنشر تقاريره الأربعة على الفور وفي العدد ذاته. كما نشرت له جريدة أخرى موضوع العلاقة بين المادة والطاقة.

كانت لتقارير هذا الرياضي الهاوي تأثيراً عميقاً وسريعاً على المجتمع العلمي. فقُبلــت إحداها كأطروحة دكتوراه من قِبل جامعة زيــوريخ، الــتي منحــت آينــشتاين درجــة الــPh.D، وأصحبت نظرياته محط أنظار جميع علماء الفيزياء في العالم.

في عام 1916م، وفي وقت كانت نار الحرب المستعرة تجتاح أوربا، نشر آينشتاين نظريته النسبية العامة، التي شرحت مفهوم النسبية المطبَّقة على الأجسام المتحركة بطرق أكثر تعقيداً وبتعجيل غير خطي. فهلل له العالم أجمع*.



حقائق طريفة:** معلوم لدينا أن أشكال وأصوات الأجسام المتحركة تبدو وتُسمع بشكل مختلف اعتماداً على كون المتلقي ساكناً أم متحركاً. تستند النسبية الخاصة على المفهوم المجفل للعقل والقائل بثبوت سرعة الضوء كما هي، بغض النظر عن مدى ازدياد سرعة انتقالك!

---

* حاز آينشتاين على جائزة نوبل في الفيزياء عام **1921**م، لكن الغريب أنه لم ينلها جزاء على تقديمه للنظرية النسبية، بل لعمله عام **1905**م على التأثير الكهروضوئي. بعد سنوات من النبش في أرشيف الرسائل و المذكرات الاسكندينافية، يؤكد روبرت مارك فريدمان **Robert Marc Friedman** (من جامعة أوسلو) أن ذلك كان توبيخا مقصوداً نابعاً من إرهاصات المناخ السياسي لأوربا ما بعد الحرب العالمية الأولى، فهو يقول أن لجنة نوبل لم ترغب لرجل «سياسي و راديكالي التفكير، لم يقم بأية تجارب عملية، أن يتوَّج كرمز من رموز الفيزياء العظام» — المترجم.

** من الطرائف التي تُذكر حول مدى الرواج الذي شهدته النظرية النسبية العامة، أن آينشتاين كثيراً ما كان يُسأل عن معنى النسبية، فيجيب: ضع يدك في موقد حار لدقيقة، ستبدو لك و كأنها ساعة. أجلس مع فتاة جميلة لساعة، ستبدو لك و كأنها دقيقة. تلك هي النسبية!" — المترجم.

الفيتامينات

Vitamins

سنة الاكتشاف 1906م

ما هذا الاكتشاف؟ مركبات كيميائية غذائية قليلة التواجد ضرورية للحياة والصحة
من المكتشف؟ كريستيان آيكمان Christiaan Eijkman وفريدريك هوبكنز Fredrick Hopkins

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

نحن نصنِّف الأطعمة حسب محتوياها من الفيتامينات، ونصرف بلايين الدولارات سنوياً في شراء المستحضرات الفيتامينية. فالفيتامينات ضرورية للحياة والصحة، ومع ذلك، أي معرفة لنا بالفيتامينات – أو حتى الانتباه إلى وجودها– لا تتعدى المائة سنة. لم يخطر على بال أحد أن يبحث عن العناصر النادرة في الطعام والتي يحتاجها جسم الإنسان، بل ذهب جل اهتمامهم لقياس كمية الطعام وما يحتويه من سعرات طاقية.

أحدث اكتشاف الفيتامينات ثورة في علم التغذية ووعي الناس بالصحة والتغذية ونظام وجباقم، وغيّر من علم الأحياء وعلم وظائف الأعضاء تغييراً جذرياً.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في بدايات العقد الأخير من القرن التاسع عشر، كان مرض البري بري beriberi قد عاث فساداً بعمليات (شركة شرق الهند) الهولندية في بلاد الهند. طبقا لاكتشاف باستير الجديد عن الجراثيم، ظن العلماء بأن جميع الأمراض ناجمة عن هذه الكائنات الممرضة. ومع هذا لم يعثر أطباء الشركة على أي جرثوم وراء مرض البري بري.

في العام 1896م، توجَّه الطبيب الهولندي ،البالغ من العمر خمسة وثلاثين عاماً، كريستيان آيكمان Christiaan Eijkman بالسفر إلى أرض الهند وذلك ليجرِّب حظه في التحقيق عن هذا المرض المريب. وبعد فترة قصيرة من وصوله، تفشى وباء طاغٍ بين أسراب الدجاج المستَعملة من قِبل مؤسسة البحوث لغرض الدراسات البكتيرية.

شرع آيكمان بإجراء بحث مستعجل على السرب الموبوء من الدجاج. ولكن بنفس السرعة التي بدأ بها بحثه، اختفى المرض عن الوجود. ذهل آيكمان من هذا التغيير الطارئ في المسألة، إلى أن قابل الطباخ الذي قام بتغذية الدجاج، فوجد بأن الأخير قد حوَّل الدجاج على أكل الرز الأبيض المستَعمل أساساً لتغذية البشر وذلك قبل حدوث الوباء مباشرة وأثناءه. وعندما وبخه مدراء الشركة لإطعامه الدجاج على الرز المحسَّن (الأبيض) الباهظ الثمن، رجع الطباخ إلى الطعام الأصلي للدجاج والمكون من الرز البني.

وجد آيكمان بأنه قادر على التسبب بمرض البري بري متى شاء وذلك بتحويل الدجاج على أكل الرز الأبيض (المحسَّن)، وثم معالجة المرض بمجرد رفع هذا الطعام عنها. ثم قام بفحص أطعمة السجون المحلية، فلاحظ حيث كان السجناء يُطعمون الرز البني، لم تحدث أية حالة من مرض البري بري. بينما في السجون التي تستعمل الرز الأبيض، كان وباء البري بري متفشياً.

آمن آيكمان بوجود شيء ما في الرز البني يشفي من الإصابة بالبري بري وكتب تقريراً أعلن فيه الانتصار على المرض. لم يخطر له قط أن ينظر للمسألة من منظور آخر: بأن البري بري قد تسبب من نقص شيء ما كان موجوداً في الرز البني.

كان فريدريك هوبكنز Fredrick Hopkins باحثا طبياً أمريكياً ولد مع اندلاع الحرب الأهلية في بلاده عام 1861م. قام في العام 1900م بعزل حامض أميني (و كان الباحثون قد سبقوه في اكتشاف اثنين آخرين ولكن دون التحقيق في أهميتهما). أطلق هوبكنز على حامضه الأميني أسم *tryptophan* أو «تربتوفان». ومن خلال مراجعته لبحث آخر، وجد بأن حيوانات الحقول لا تستطيع العيش لو كانت تعتمد فقط على مصادر بروتينية خالية من التروبتوفان. فبغض النظر عن كمية ما كانت تحصل عليه من البروتين، بدت هذه الحيوانات وكأنها تحتاج إلى كميات قليلة من التروبتوفان لضمان عيشها.

و بحلول عام 1906م، اكتشف الكيميائيون 13 حامضاً أمينياً على الأقل، كل واحد كان بمثابة لبنة أساسية لبناء جزيئات البروتين. فخَطَر لهوبكينز أن هذه الأحماض الأمينية المعينة (والتي توجد بوفرة في الطعام) ضرورية للحياة، ليس من خلال البروتينات والسعرات التي تمد بها، فهذه يمكن تأتي من أي مصدر آخر، بل كان هنالك شيئاً آخر ضرورياً للحياة توفره هذه الأحماض الأمينية– حتى لو زوَّدته بكميات قليلة.

راجع هوبكنز عمل آيكمان هذه المرة، واكتشف بأن حامضاً أمينياً موجوداً في الرز البني هو الذي وقى من الاصابة بمرض البري بري. كما وجد بأنه ليس كافياً أن نحكم بأن الفاكهة تمنع من الإصابة بداء النقرس scurvey (كما اكتشف ليند Lind عام 1747م)، بل حامضا أمينيا معينا في الفاكهة.

قرر هوبكنز بأن أمراضا مثل البري بري والنقرس والحصاف pellagra والكساح rickets لا تحدث من وجود شيء (جرثوم) بل لغياب (أو نقص) شيء ما. وآمن بأن هذه الأمراض تحدث بسبب نقص غذائي للمجاميع الأمينية للجزيئات (و الناتجة عن ارتباطات بين ذرات النتروجين والهيدروجين ضمن تراكيب الأحماض الأمينية). فأطلق على هذه المجموعة من الأحماض بتسمية مشتقة من كلمتين لاتينيتين بمعنى «الحياة» و«الأمينات» فحصل على كلمة *vitamines* أو «الفيتامينات».

بعدها بسنوات قليلة، اكتشف الباحثون عدم احتواء جميع الفيتامينات الضرورية على الأمينات، فقاموا بإسقاط الحرف «e» من التسمية الإنجليزية المعروفة للفيتامينات *vitamins* والتي لا تزال قيد الاستعمال حتى الآن. ليس الاسم فقط ما تغيّر، ولكن تغيّر البحث العلمي الغذائي إلى الأبد بعد اكتشاف هوبكنز للفيتامينات*.

حقائق طريفة: هل تعتقد بأن جميع الحلوى ضارة بصحتك؟ يحتوي شراب هيرشي** من الشوكولاته الخالي من السكر Hershey's Sugar Free Chocolate Syrup على 10% من الفيتامين E لكل مستحضر.

---

* تقاسم هوبكنز جائزة نوبل في الطب (أو الفسلجة) مع آيكمان عام **1929**م. يعتبر أول من أشار إلى تجمع الحامض اللبني **lactic acid** في العضلات أثناء التمرين – المترجم.

** شركة هيرشي **The Hershey Company** هي أكبر مصنّع للشوكولاته بأمريكا الشمالية، وواحدة من أقدم شركات الشوكولاته في الولايات المتحدة، تأسست عام **1876**م في بنسلفانيا – المترجم.

التأريخ بالنشاط الإشعاعي

Radioactive Dating

سنة الاكتشاف 1907م

ما هذا الاكتشاف؟ استعمال العناصر المتحللة إشعاعياً لحساب عمر الصخور
من المكتشف؟ بيرترام بولتوود Bertram Boltwood

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لا شيء أساسي أكثر من معرفة عمرك- أو عمر منزلك أو عمر شجرة في حديقتك. ومن الوجهة العلمية، ينطبق الشيء ذاته على كوكب الأرض وعلى الصخور التي تشكّل القشرة الأرضية.

انشغل العلماء بتقدير عمر الأرض لآلاف السنين. على أية حال، كانت كل هذه التقديرات تتعدى بقليل عتبة الحزر والتخمين، إلى أن جاء بولتوود ليكتشف أول طريقة معتَمدة لحساب عمر الصخور. ونظراً لأن بعض هذه الصخور قديم قدم الأرض، فقد وفّر تأريخ عمرها أول تقدير منطقي لعمر كوكبنا.

مكّن اكتشاف بولتوود العلماء من التأريخ لطبقات الصخر المنفصلة ودراسة تأريخ القشرة الأرضية، كما أدى إلى استحداث تقنيات تقدير العمر للنباتات والوثائق والمجتمعات والمباني القديمة. وأخيراً، أعاد بولتوود لعلم الجيولوجيا إحساسه بالزمن بعد تخليصه من التقديرات الخاطئة لمن سبقه من الباحثين في هذا المضمار.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اكتُشف النشاط الإشعاعي من قِبل ماري كوري بنهاية القرن التاسع عشر. وفي العام 1902م، اشترك كل من فريدريك سودي Frederick Soddy (مكتشف النظائر لاحقاً) وإرنست رذرفورد* Ernst Rutherford معا لاكتشاف أن اليورانيوم والثوريوم يتحللان إشعاعياً بسرعة ثابتة (يتطلب الزمن ذاته دوماً لتحلل نصف ما هو موجود أصلاً من الذرات النشطة إشعاعياً في نموذج ما، وهو ما يدعى بـ*half-life* أو «عمر

---

* إرنست رذرفورد (1871-1937م): عالم نيوزلندي، يعتبر من عمالقة الفيزياء وأبا للفيزياء النووية. راد النظرية المدارية للذرة، وحاز على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1908م - المترجم.

النصف»). كما واكتشف الرجلان بأن هذين العنصرَين المشعَّين قد انشطرا (تحللاً إشعاعياً) إلى عناصر أخرى بتسلسل ثابت- أي تفككاً دوماً بنفس الطريقة إلى نفس العناصر. فمُــدَّ البساط إذن لشخص ما ليحزر كيف يستفيد من هذه المعلومة الجديدة.

ولد بيرترام بولتوود Bertram Boltwood عام 1870م في أمهيرســـت بولايـــة ماساشوسيتس الأمريكية. درس ثم درَّس الفيزياء بجامعة ييل. خلال أحد بحوثه عام 1905م، لاحظ بولتوود دوام وجود مادة الرصاص خلال تحليله لتركيب المعـــادن المحتويـــة علـــى اليورانيوم والثوريوم.

ظناً منه بأهمية هذه الملاحظة، قام بدراسة 43 نموذجاً من المعادن وصـــنَّفها حـــسب تقديراتها العمرية. كانت كمية الرصاص في هذه النماذج تزداد باضطراد مع تقـــدم عمـــر النماذج- على العكس تماماً من كمية اليورانيوم التي كانت تقل باستمرار. استنتج بولتوود بأن التحلل الإشعاعي يقل بتسلسل يبدأ باليورانيوم وينتهي بـــصنع الرصـــاص- الخامـــل إشعاعياً (تحلل اليورانيوم في النهاية إلى رصاص). أعاد بولتوود دراسة نفس العمليـــة مـــع معادن الثوريوم، فحصل على النتيجة ذاتها.

افترض بولتوود أن اليورانيوم والثوريوم طالما يتحللان بسرع ثابتة معروفة، فعليه يمكنه الاعتماد على كمية الرصاص وكمية أي من هاتين المادتين المشعتين في نموذج صخري مـــا لتحديد عمره- بمعنى، كم من الوقت مضى منذ ابتـــداء عمليـــة التحلـــل الإشـــعاعي في الصخرة. في نماذج فحصه، استعان بولتوود بعداد كايكر لحساب عدد ذرات اليورانيـــوم المتحللة في الدقيقة الواحدة وكذلك استعمل مطيافاً كتلياً بدائياً لتقدير الكمية المتبقية لكل عنصر نادر في النموذج الصخري. بمعرفة الكمية المتواجدة حالياً من الرصاص واليورانيوم في النموذج، ومعرفة سرعة تحلل اليورانيوم، وأخيراً معرفة عمر النصف لذلك النظير المعيَّن لليورانيوم، أصبح بمقدور بولتوود حساب المدة التي اســـتغرقها التحلـــل الإشـــعاعي في الصخرة، وبالتالي التوصل إلى عمرها.

في عام 1907م، نشر بولتوود حساباته لأعمار عشرة نماذج معدنية. وفي كل حالـــة كانت تظهر فيها هذه النماذج قديمة بشكل مدهش، لتخبرنا بأن هذه الصخور (و الأرض) أقدم مما تصوَّر العلماء سابقاً بعشرات- بل وحتى مئات- المرات. قـــدّر بولتـــوود عمـــر الأرض بأكثر من 2,2 بليون سنة (أقل من التقدير الحالي*، ولكن أكثر من عشرة أضـــعاف أي تقدير سابق).

---

* يقدِّر علماء الجيولوجيا والجيوفيزياء أن يكون عمر الأرض حوالي 4,54 بليون سنة- المترجم.

في عام 1947م، أشار الكيميائي الأمريكـــي ويـــلارد لـــيبي Willard Libby إلى إمكانية استعمال النظير المكتَشف حديثا للكربون، كربون-14، لتقدير عمر البقايا النباتية والحيوانية بنفس الطريقة التي يُستعمل بها اليورانيوم لتقدير عمر الصخور. فأرَّخت طريقـــة ليبي في استعمال الكربون – 14لعمر النسيج النباتي تاريخاً دقيقاً يعود بنـــا خلفـــا 45000 سنة، كما واستعملت أيضاً في تقدير تواريخ المخطوطات القديمة.

حقائق طريفة: يمكن التأريخ إشعاعياً لنماذج بصغر جزء من البليون من الغرام. يعتبر مخطط اليورانيوم – الرصاص للتأريخ الإشعاعي أحد أقـــدم المخططات الموجودة، وكذلك واحداً من أكثرها تقديراً واعتباراً. فلقـــد عُدِّل بحيث لا يتعدى أي خطأ في تقدير عمر صخور بقِدَم ثلاثة بلايين سنة أكثر من مليوني سنة، أي أن التقدير دقيق بنسبة 99,9%.

وظيفة الكروموسومات

Function of Chromosomes

سنة الاكتشاف 1909م

ما هذا الاكتشاف؟ المورِّثات (الجينات) مرتَّبة (مترابطة) في مجاميع منسوجة على امتداد الكروموسومات

من المكتشف؟ تي. إتش. مورغان T. H. Morgan

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كان اكتشاف مورغان بأن المورِّثات مترابطة مع بعضها في مجاميع ومنسوجة على امتداد الكروموسومات، بمثابة خطوة رئيسية ثانية لنبش لغز الوراثة والتطور. فقد ساهم اكتشاف مورغان بالكثير في إرساء القاعدة التي بُنيت عليها اكتشافات لاحقة حول الكيفية التي تؤدي بها المورِّثات والكروموسومات وظائفها وكذلك تركيب جزيئة الـDNA.

أثبت مندل بأن الصفات (و تدعى المورِّثات أو الجينات) تنتقل من الآباء إلى الأبناء. ومن جانبه وضع داروين المفاهيم القائلة بتطور الأنواع. ولكن مع ذلك، بقي العلم عاجزاً عن فهم الكيفية التي تتطور بها الأنواع أو تنتقل بها المورِّثات المنفصلة إلى الأجيال الجديدة.

بدراسته لنوع من ذباب الفاكهة، أثبت البروفيسور تي. إتش. مورغان من جامعة كولومبيا صحة نظرية مندل وكذلك كون الكروموسومات حاملات للمورِّثات.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في العام 1910م، كان البروفيسور تي. إتش. مورغان T. H. Morgan، صاحب الأربعة والأربعين عاماً، رئيسا لقسم الأحياء بجامعة كولومبيا في مدينة نيويورك الأمريكية. وكان قد خصص جلّ طاقته ومجهوده للبحث والدراسة. فقد رفض مورغان القبول بنظريات مندل في الوراثة، كما ولم يؤمن بوجود المورِّثات طالما لم يشاهدها أحد تركيبياً.

رفض مورغان القبول كذلك بمفهوم داروين عن البقاء للأصلح كقوة محرِّكة للتطور الحيوي. وكان ما آمن مورغان به أن التطور ناجم عن طفرات عشوائية اخترقت طريقها ببطء إلى وعبر تجمع حيوي. فصمم ما أسماه The Fly Room أو «غرفة الذباب» لإثبات آرائه.

مختبر «غرفة الذباب» هذا كان عبارة عن غرفة صغيرة تعمُّها الفوضى وتهيمن على جوها رائحة نتنة تفوح من فاكهة الموز المتعفنة. فكان جداران من جدرانه قد تمّت تغطيتهما من الأرض للسقف بصفوف من قنانٍ زجاجية مسدودة تحوي عشرات الألوف من حشرات ذباب الفاكهة الصغيرة، والتي من الصعب التعليق الآن على ما كانت تصدره من طنين دائم.

لقد اختار دراسة ذباب الفاكهة بالذات لأربعة أسباب. أولاً، أنها صغيرة في الحجم (لا يتعدى طولها ربع إنش). ثانياً، كانت تعيش كاملة على الموز المهروس لا غير. ثالثاً، كانت قادرة على إعطاء جيل جديد بأقل من أسبوعين – أي كان بمقدور مورغان أن يدرس حوالي 30 جيلا في السنة . وأخيراً، كانت تمتلك القليل من الجينات فيسهل دراستها بكثير قياساً بالأنواع الأكثر تعقيداً.

بحث مورغان وانتظر ظهور طفرة بنيوية عشوائية (كلون العيون مثلاً) في أية واحدة من الآلاف التي تولد كل شهر من ذباب الفاكهة. وكان سيقوم عندئذ باقتفاء تلك الطفرة بعناية عبر الأجيال اللاحقة ليستطلع انتشارها على الجماعة وبالتالي إثبات نظريته. لقد كان ذلك جهدا مرهقا فعلاً من مورغان ومعاونيه ممن قاموا بدراسة عدة آلاف من ذباب الفاكهة الجديدة بدقة تحت الميكروسكوب كل شهر بحثاً عن الطفرات.

و أخيراً في شهر أيلول (سبتمبر) من عام 1910م، عثر مورغان على طفرة – فقد وجد ذبابة فاكهة ذكر بعيون بيضاء صافية عوضاً عن العيون الطبيعية الداكنة الأحمرار. فعومل هذا الذكر الأبيض العينين معاملة خاصة في قنينة منفصلة بل وزوّج أيضاً بأنثى حمراء العينين.

لو حصل الفقس وظهرت عيون النسل بيضاء، ضاربة للبياض، أو حتى وردية اللون (كما توقّع لها مورغان أن تكون)، فهذا سيدل على أن الطفرة العشوائية هذه – والتي لا تعطي أية فائدة أو صفة داروينية بقائية – قد طوَّرت النوع (غيَّرته نهائياً) وبالتالي ينعم مورغان بنشوة انتصار نظريته عن التطور.

لم تمض ثلاثة أيام حتى درس مورغان ومعاونوه 1237 ذبابة جديدة. ويا لخيبة الأمل! كان لكل منها لون طبيعي للعيون. فقد اختفت الطفرة دون أن تغيِّر النوع قط. كان مورغان مخطئاً في دعواه.

و في العشرين من شهر تشرين الأول (أكتوبر)، فُقِس عن حفيدات الذكر الأصلي الأبيض العينين: كان ربع هذا الجيل بعيون بيضاء، وثلاثة أرباع بعيون حمراء طبيعية. ثلاثة لواحد: كانت تلك هي نسبة مندل في مضاربة صفة سائدة مع أخرى متنحية. فقد أثبتت تجربة تي. إتش. مورغان خطأ صاحبها بنفسها وصواب نظرية المورِّثات لمندل!

حدثت طفرات أخرى إضافية على مر العامين التاليين. وبدراسة هذه الطفرات وتأثيرها على العديد من الأجيال المنحدرة عنها، أدرك مورغان ومعاونوه بأن العديد من الجينات المتوارثة كانت دائمة التكتل مع بعض (وصفوها بـ«المترابطة»).

في عام 1912م، توصل الفريق إلى أن جينات ذبابة الفاكهة مترابطة بأربعة مجاميع. فبناء على سابق معرفته بأن لدى ذباب الفاكهة أربع كروموسومات، توقع مورغان بأن الجينات يمكن أن تكون منسوجة ومحمولة على امتداد الكروموسومات. وبعد 18 شهراً من البحث الإضافي، تمكَّن مورغان من إثبات نظريته الجديدة. الكرموسومات تحمل الجينات، والجينات منسوجة بخطوط ثابتة الترتيب (مثل الخرزات) على امتداد الكروموسومات.

على العكس من محاولته تفنيد عمل مندل، أثبت مورغان صواب مندل واكتشف كذلك وظيفة الكروموسومات وعلاقتها بالمورِّثات*.

حقائق طريفة: يمكن لذبابة الفاكهة أن تضع 500 بيضة كل مرة، وتتجدد دورة حياتها بالكامل خلال أسبوع.

---

* خيبة أمله من ثبوت بطلان أفكاره، لم تني مورغان العنيد عن المواظبة على الدراسة والبحث، حتى نال جائزة نوبل في الطب (أو الفسلجة) عام 1933م، ليكون بذلك أول شخص ينالها في حقل الوراثة، تقديراً «لاكتشافاته المتعلقة بالدور الذي تلعبه الكروموسومات في الوراثة». كتب خلال مسيرته 22 كتابا و 370 بحثاً وتقريراً علمياً، وبفضل عمله أصبحت ذبابة الفاكهة نموذجاً أساسياً للبحوث الوراثية المعاصرة. أما فرع الأحياء الذي أسسه بمعهد كاليفورنيا التقني، فقد فقس عن سبعة جوائز نوبل حتى الآن — المترجم.

المضادات الحيوية

Antibiotics

سنة الاكتشاف 1910م

ما هذا الاكتشاف؟ مواد كيميائية تقتل الكائنات المجهرية المُمْرِضة دون إلحاق الأذى بالمضيف البشري

من المكتشف؟ باول إيرليخ Paul Ehrlich

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

إن كلمة *antibiotic* مشتقة من اللغة الإغريقية بمعنى «ضد الحياة». كان الطب الشعبي البدائي يعتمد على بعض المركبات الطبيعية التي كانت تشفي أمراضا معينة– كاللحاء المطحون لشجرة، بعض عفون الجبن، وفطريات معينة. عرف الأطباء بأن هذه المركبات الطبيعية كانت تعمل حقاً، ولكن لم تكن لديهم فكرة عن كيفية وسبب عملها ذاك.

أجرى باول إيرليخ أول تحقيق كيميائي حديث للمضادات الحيوية واكتشف أولى مركباتها الكيميائية. افتتح عمله هذا عصراً جديداً للبحث الطبي والدوائي وأسس لحقل العلاج الكيميائي. تَرجِع المضادات الحيوية (أشهرها البنسلين المكتَشف عام 1928م)، التي أنقذت حياة ملايين الناس، بأصلها الحديث إلى عمل باول إيرليخ.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد باول إيرليخ Paul Ehlrich بألمانيا عام 1854م. كونه طالباً موهوباً، دخل إيرليخ حقل الدراسات العليا في الطب، حيث انخرط حتى أذنيه في عملية صبغ النماذج النسيجية المجهرية وذلك لتوضيح رؤيتها تحت الميكروسكوب. وشأن بقية زملائه في هذا المجال، عانى إيرليخ من كون معظم الأصباغ محطِّمة للنماذج النسيجية قبل التمكن من فحصها على الأقل. فكافح من جانبه لإيجاد أصباغ جديدة لا تقتل أو تلحق الضرر بالكائنات المجهرية الرقيقة. بان له من خلال عمله هذا أن بعض المركبات الكيميائية كانت تقتل بعض أنواع الأنسجة مما جعله يفكر فيما لو كان بالإمكان السيطرة على هذه العملية.

اتضح في العام 1885م بأن الكائنات المجهرية كانت العامل المسبب للعديد من الأمراض، فاجتهد علماء عديدون جهداً كبيراً من أجل دراسة هذه البكتيريا تحت

الميكروسكوب. ومرة أخرى وجد إيرليخ نفسه أمام مشكلة قتل العديد من الأصباغ المتوفرة للكائنات قبل أن يتمكن من دراستها. أوحت هذه المشكلة لإيرليخ بافتراض وجود مركبات كيميائية يمكنها قتل الكائنات دون إلحاق الأذى بالمريض البشري، وبذلك يُعالج المرض بقتل عامله المسبب فقط.

بأواسط العقد الأخير من القرن التاسع عشر، حوَّل إيرليخ تركيزه على دراسة الجهاز المناعي وكيفية السيطرة على التفاعل بين السموم الكيميائية ومضادت السموم. ومرة أخرى خَطَر لإيرليخ أن يستفيد من فكرة ارتباط مضادات السموم بجزيئة سموم محددة وبالتالي تحطيمها، في صنع مادة كيميائية تعمل على نفس الوتيرة لترتبط مباشرة بالكائن المسبب لمرض ما فتحطمه. أطلق إيرليخ على هكذا مادة كيميائية بـ«الرصاصة السحرية»، وقد بدا له أن عمل خمس وعشرين سنة قد أفضى به مباشرة إلى هذه الفكرة.

خلال هذه الفترة بالذات، تم التعرف على ودراسة العديد من البكتيريا المسببة للأمراض وبشكل معين، الأمر الذي نصّب أمام إيرليخ أهدافا بارزة ومعروفة لمهاجمتها في خضم بحثه عن طرق لصنع رصاصاته السحرية. فاختار البدء بالسبايروكيت *spirochete*، الكائن الدقيق المسبب لمرض الزُّهري (السفلس)، مجرباً مواد كيميائية مختلفة ومستعملاً قاعدة زرنيخية لمركباته. فالزرنيخ ثُبتت فاعليته في الفتك بعدد من الكائنات الدقيقة الأخرى.

في عام 1907م، كان إيرليخ قد وصل إلى المركب رقم 606 من بين المركبات التي قام بفحصها على أرانب موبوءة بمرض الزهري. بعد كل هذه المحاولات الشاقة ، تمكَّن هذا المركب من علاج المرض، فأسماه إيرليخ *salvarsan* «سالفرسان» وأجرى أكثر من 100 تجربة إضافية عليه ليتأكد من فاعليته وسلامته للاستعمال البشري، ثم تبعها بعامين آخرين من البحث سعياً وراء إنتاج شكل من الدواء يسهل تحضيره صناعياً وإعطاءه للمرضى. ومن بين آلاف الأشكال التي جرَّبها، كانت النسخة رقم 914 هي الأفضل، فأسماها *neosalvarsan* «نيوسالفارسان».

كان آخر فحص يجريه إيرليخ على النيوسالفارسان هو إعطائه للمرضى المتقدمين ممن يعانون من اختلال عقلي- وهو آخر مراحل الزُّهري. بينما ساعد نيوسالفارسان جميع هؤلاء المرضى، فإن عدداً منهم شفي تماماً من المرض.

كان النيوسالفارسان أول مركّب كيميائي من صنع الإنسان يحطّم الكائن المستهدَف بشكل خاص دون التأثير على المريض. أرسى هذا الاكتشاف لحقل العلاج الكيميائي chemotherapy على اتساعه.

حقائق طريفة: تخضع «مقاومة المضادات الحيوية antibiotic resistance» للأحكام الاعتيادية للانتخاب الطبيعي: تلك الشريحة من التجمع البكتيري التي تمتلك قدرة طبيعية على معاكسة تأثير الدواء هي التي ستعيش، ولهذا تنتقل جيناتها ليشاركها بها التجمع البكتيري برمته في النهاية. فقد اكتسبت بكتيريا عدة مناعة للكثير من المضادات الحيوية، الأمر الذي أقلق المخططين الطبيين بشأن حدوث حالات وبائية طاغية من الأمراض في المستقبل القريب.

خطوط الصدع

Fault Lines

سنة الاكتشاف 1911م

ما هذا الاكتشاف؟ تحدث الزلازل على امتداد، وبسبب، خطوط صدع في القشرة الأرضية

من المكتشف؟ هاري ريد Harry Reid

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يدرك علماء اليوم كيف يتوقعون مواقع حدوث زلازل أرضية مستقبلية وذلك من خلال تخطيطهم لمواقع خطوط الصدع. على أية حال، حتى قبل قرن مضى، لم تكن هذه الحقيقة البسيطة معروفة قط.

اكتشاف هاري ريد بأن الزلازل تحدث على امتداد خطوط صدع موجودة في القشرة الأرضية أمدَّنا بأول فهم لمصدر وعملية حدوث الزلازل، كما ومهَّد لاكتشاف صفائح القشرة الأرضية وعلم دراسة تركيب وحركة الصفائح في أواخر الخمسينات من القرن العشرين.

وُصِف اكتشاف ريد بأنه إنجاز كبير في علم الأرض كونه وفر أول فهم أساسي للعمليات الباطنية للأرض والكيفية التي تسلك بها الصخور تحت الضغط والشدة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

بحلول عام 1750م، أدرك العلماء بوجود خطوط صدع (على شكل تشققات طويلة) تسعى وتتلوى من خلال القشرة العليا للأرض، حيث يلتقي نوعان مختلفان من الصخور. وفي العام 1900م، علموا بارتباط خطوط الصدع هذه مع حدوث الزلازل الأرضية.

كان الخطأ الذي ارتكبه العلماء، على أية حال، هو إجماعهم على أن الزلازل الأرضية هي التي تسبب حدوث خطوط الصدع، وكأن القشرة عبارة عن طبقة ملساء من الصخر فتشققت بفعل الزلزال، مع انزلاق جزء على الآخر مسبباً حالة من عدم التطابق الصخري. فالزلازل الأرضية قد حدثت، وما خطوط الصدع إلا رواة لما مضى منها.

ولد هاري فيلدينغ ريد Harry Fielding Reid في مدينة بالتيمور الأمريكية عام 1859م. وخلال سني دراسته الأولى في سويسرا، كانت ذات هذه الأفكار ما تعلمها في دروس الجيولوجيا. على أية حال، لم تستحوذ الزلازل الأرضية وخطوط الصدع على اهتمام ريد، فقد حوَّلت نشأته السويسرية بتركيزه الأساسي على الجبال والأنهار الجليدية.

عاد ريد أدراجه إلى مسقط رأسه مدينة بالتيمور لدخول الكلية في جامعة جون هوبكنز، وذلك عام 1865م (بعمر السادسة عشرة)، وبقي هناك من الوقت ما يكفيه نيله درجة الدكتوراه في الجيولوجيا عام 1885م. وفي بدايات عام 1889م، تقلّد ريد المناصب بوصفه أستاذاً جامعياً مهتماً بالبحث حول الأنهار الجليدية.

قام ريد برحلات واسعة النطاق عبر ألاسكا وجبال الألب السويسرية وهو يخطط ويدرس الأنهار الجليدية، حركتها، نشأتها، وتأثيرها على مرأى الأرض. فكتب مقالات وبحوث حول تركيب الأنهار الجليدية وحركتها.

في شهر نيسان (أبريل) من عام 1906م ضرب زلزال سان فرانسيسكو العظيم المدينة فأسقط معظمها بين دمار واحتراق. وبأواخر ذلك العام، قامت كاليفورنيا بتشكيل (مفوضية ولاية كاليفورنيا للتحقيق عن الزلازل الأرضية) بهدف دراسة زلزال سان فرانسيسكو ولتحديد الخطر على الولاية من زلازل مستقبلية محتملة. فاختير ريد من بين الأعضاء التسعة الذين يؤلّفون هذه المفوضية.

كانت المهمة التي اضطلعت بها هذه المفوضية كفيلة بتحويل اهتمام ريد إلى دراسة الزلازل الأرضية وخطوط الصدع. فقد خطط ودرس خط صدع سان فرانسيسكو وطاف بالمنطقة الساحلية لكاليفورنيا مخططا لخطوط صدع أخرى. طيلة الوقت كان يبحث عن جواب لسؤال حيّره: ما كان السبب وراء الزلازل الأرضية؟

درس ريد الصخور على امتداد خطوط صدع كاليفورنيا بعناية، فاستنتج بأنها كانت تعاني من شدة فيزيائية طويلة الأمد، وليس فقط من رجة زلازل مفاجئ. فحسب رؤيته، لا بد أن كانت هناك حالات ضغط عظيمة على الصخور الممتدة بامتداد خط صدع سان فرانسيسكو لقرون من الزمن– أو حتى لألفيات متلاحقة– قبل حدوث الزلازل الأرضية.

إن دل هذا على شيء فإنما يدل على أن خطوط الصدع هذه كانت موجودة أولاً ثم سبَّب الضغط على امتدادها زلازل أرضية. فقد استمرت شدة الضغط بالتراكم على الصخور حتى تقصَّفت. وهذا «التقصّف» كان زلزالاً أرضياً.

قدَّم ريد صورة هذه الطبقات الصخرية على امتداد خطوط الصدع بوصفها تعمل على نحو مشابه لحزم مطاطية. عوامل الشدة العميقة في الأرض على امتداد خطوط الصدع هذه كانت تسحب الصخور باتجاهات مختلفة، مسببة تمددها– مثل المطاط. وحالما كانت الشدة تصل نقطة الانفراج، كانت هذه الصخور تنقصف مطاطياً إلى وضعها السابق– مسببة زلزالاً أرضياً.

إذن، خطوط الصدع هي التي سببت حدوث زلازل أرضية، وليس العكس. وهذا ما يعني أن دراسة خطوط الصدع كانت طريقة للتنبؤ بحدوث الزلازل الأرضية، وليست مجرد دراسة لآثارها الكارثية. لقد اكتشف ريد المغزى من متاهة الأرض العنكبوتية لخطوط الصدع.

حقائق طريفة: أحدث الزلزال الأرضي المدمر لسان فرانسيسكو عام 1906م انفصالا أفقياً لسطح الأرض على جانبي صدع سان أندرياس San Andreas fault بمقدار 21 قدما (6,4م).

التوصيلية الفائقة

Superconductivity

سنة الاكتشاف 1911م

ما هذا الاكتشاف؟ تفقد بعض المواد جميع مقاومتها للتيار الكهربائي بدرجات حرارية فائقة الانخفاض

من المكتشف؟ هيك كاميرلنغ أونيس Heike Kamerlingh Onnes

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يُقصد بالتوصيلية الفائقة انسياب تيار كهربائي دون أية مقاومة تعترض انسيابه هذا. فحتى أفضل الموصلات تمتلك بعض المقاومة للتيار الكهربائي، ولكن ليس الأمر كذلك بالنسبة للموصلات الفائقة. لسوء الحظ، تتواجد الموصلات الفائقة فقط عند البرودة القاصية، قريباً من الصفر المطلق.

رغم أن التطبيق العملي لهذا الاكتشاف لم يُعرف بعد، إلا أن مبدأ التوصيلية الفائقة يَعد بإيجاد محركات كهربائية ومغناطيسية خارقة الكفاءة، تيار كهربائي يسري آلاف الأميال دون فقدان في الطاقة، وتحقيق حلم خدمة كهربائية رخيصة ووافية لغرض كل فرد. من المؤمل أن تتمخض التوصيلية الفائقة عن صناعات وطرق جديدة لتوليد ومعاملة وتحريك الطاقة الكهربائية، ولكن تبقى هذه الإمكانية كامنة في المستقبل.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد هيك أونيس Heike Onnes عام 1853م بغرونتجين في هولندا وترعرع في عائلة ميسورة الحال امتلكت مصنعاً للبلاط. خلال دراسته، جذبت موهبته في حل المسائل العلمية الكثير من الانتباه خلال دراسته الجامعية والعليا. لدى بلوغه سن الثامنة عشرة، أصبح أونيس راسخ الإيمان بقيمة إجراء التجارب الفيزيائية وميّالاً إلى مخاصمة النظريات التي لا يمكن إظهارها تجريبياً.

و بعمر الخامسة والعشرين، ركّز أونيس بحثه الجامعي على دراسة خواص المواد التي تقارب الحدود الدنيا من درجات الحرارة (−456 درجة فهرنهايت أو −269 درجة سيليزية). كان وجود هذا الحد الأدنى من الحرارة والذي فيه تتبدد الطاقة الحرارية جميعها

وتتوقف الحركات جميعاً- حتى داخل الذرة، قد اكتشف من قِبل اللـــورد كلفـــن Lord Kelvin*، ويدعى صفر درجة كلفن أو الصفر المطلق.

انبرت بحوث كثيرة لتوضيح ما يحدث قريباً من درجة الصفر المطلق. آمن لورد كلفن بأن الصفر المطلق يوقِّف من حركة الإلكترونات، ويتوقف عنده التيار الكهربـــائي حيـــث تكون المقاومة كبيرة إلى ما لا نهاية. بينما آمن آخرون بالعكس- هبط المقاومة إلى الـــصفر فتسري التيارات الكهربائية إلى الأبد.

لكل كانت نظريته. فقرر أونيس من جانبه أن يستطلع حقيقة ما يجري عند الـــصفر المطلق وأن يضع هذه التجارب تحت الفحص والاختبار.

على كل حال، كانت هناك معضلة. إذ لم تكن هناك طريقة قط لتبريد أي شيء في أي مكان قريباً على درجة −269 سيليزية. لحسن حظه، كان أونيس رئيسا لفـــرع الفيزيـــاء بجامعة لايدن، وكان فرعه مزوَّدا بمختبر فيزيائي جيد التصميم بإمكانـــه الاســـتفادة مـــن استعماله.

في عام 1907م، ابتكر أونيس محارير بإمكانها قياس درجات حرارية تصل برودتها إلى الصفر المطلق. وفي عام 1908م، اكتشف طريقة لتبريد غاز الهيليوم بحيث تحوَّل إلى الحالـــة السائلة، ثم أستطاع أن يستمر في تبريد السائل الفائق البرودة حتى وصل به إلى درجة 0,9 كلفن (أي اقل من درجة فوق الصفر المطلق) بنهاية ذلك العام! أدرك أونيس بقدرته علـــى استعمال هذا الهيليوم السائل لتبريد مواد أخرى لدرجة قريبة عن صفر كلفن وذلك بهدف قياس مقاومتها الكهربائية.

بحلول عام 1911م، كان أونيس قد طوَّر أوعية قادرة على احتواء وخـــزن هيليومـــه السائل الفائق البرودة. فبدأ دراساته الكهربائية بتبريده البلاتينيوم أولاً والذهب ثانياً لدرجة قريبة عن الصفر المطلق. على أية حال، كانت التيارات الكهربائية التي قاسها غير منتظمة، ونتائجه غير حاسمة.

---

* اللورد كلفن (1824-1907م): فيزيائي ورياضي و مهندس ايرلندي اشتهر بتحليله الرياضي للكهرباء والديناميكا الحرارية، صمم مقياس كلفن للحرارة المطلقة. أسمه الحقيقي وليـــام تومـــسون William Thomson، وقد لقب باللورد تكريما لجهوده وإنجازاته العلمية الجليلة. أما «كلفن» فيـــشير إلى نهـــر كلفن الذي يجري قريباً من جامعة غلاسكو الاسكتلندية، حيث كانت مرتعا لتجارب كلفن وإنجازاتـــه التي تمخضت في نهاية حياته باختراع التلغراف الكهربائي – المترجم.

قرر أونيس التحول على الزئبق السائل. فملأ أنبوباً على شكل حرف U بالزئبق وربط أسلاكاً إلى كلتا نهايتي الأنبوب. أما الأسلاك فكانت موصلة بعداد لقياس المقاومة الكهربائية. وكالعادة، استعمل الهيليوم السائل بدرجة 0,9 كلفن لتبريد الزئبق.

في الوقت الذي انخفضت فيه درجة الحرارة إلى أقل من 40 درجة كلفن (−229 درجة سيليزية)، بدأت المقاومة الكهربائية بالانخفاض. فاستمرت بالانخفاض بشكل منتظم تحت درجة 20 كلفن، وعند الوصول لدرجة 4,19 كلفن اختفت المقاومة فجأة، وهابطةً للصفر.

أعاد أونيس التجربة مراراً على مر الأشهر القليلة اللاحقة وحصل دوماً على النتيجة ذاتها. تحت 4,19 درجة كلفن، لم تكن هناك مقاومة لانسياب الكهرباء. فالتيار الكهربائي كان سيسري دون عرقلة إلى الأبد! أطلق أونيس على هذه الظاهرة اسم *superconductivity* أو «التوصيلية الفائقة».

اكتشف أونيس التوصيلية الفائقة، لكن دون أن يقدر على شرحها نظرياً. توقع فقط بأن لها علاقة بما تم اكتشافه (بعد ذلك) باسم نظرية الكَمْ. انتظر العالم حتى عام 1951م ليقدم جون باردين John Bardeen نظرية رياضية تشرح ظاهرة التوصيلية الفائقة.

بُدِء بحث لإيجاد طرق لتحقيق التوصيلية الفائقة بدرجات حرارية أعلى (أكثر وصولاً من الناحية العملية). القياس الحالي هو 138 درجة كلفن (−131 درجة سيليزية)− لسوء الحظ، باستعمال مواد سيراميكية سامة مصنوعة من الزئبق والنحاس. حالما يتم إيجاد طريقة لتحقيق التوصيلية الفائقة بدرجات حرارية أكثر دفئاً، فإن قيمة اكتشاف أونيس ستكون غير محدودة ولا تقدَّر بثمن**.

حقائق طريفة: في سيرن CERN، المنظمة الأوروبية للبحوث النووية، استخدم العلماء رجة كهربائية واحدة لإحداث تيار كهربائي يسري خلال دائرة فائقة التوصيل. استمر ذلك التيار الكهربائي بالسريان − دون أي

** اكتشف كل من فاليري فينوكور **Valerii Vinokur** وتاتيانا باتورينا **Tatyana Baturina** مؤخرا (أبريل **2008**م) بأن نفس الآلية التي يمكن أن تكوِّن التوصيلة الفائقة يمكنها أن تكوِّن حالة من الانعزال الفائق في بعض المواد (صفيحة رقيقة من نتريد التيتانيوم مثلاً)، مع مقاومة لا نهاية لها. على غرار المواد الفائقة التوصيل المستعملة في صناعة أجهزة تسريع الجسيمات والرنين المغناطيسي والمقاييس الطيفية الكتلية وغيرها، من المؤمل أن تدخل المواد الفائقة الانعزال في صناعة أغلفة البطاريات والدوائر الكهربائية وغيرها من الصناعات الحديثة − المترجم.

إدخال جديد للفولتية- لمدة خمس سنوات ودون فقدان للقدرة. بينما في الأسلاك المترلية الاعتيادية، يتوقف التيار الكهربائي ضمن ملي دقائق محدودة حال رفع الفولتية عنها، وذلك بفعل المقاومة التي تبديها هذه الأسلاك.

الارتباط الذري

Atomic Bonding

سنة الاكتشاف 1913م

ما هذا الاكتشاف؟ أول نظرية معمول بها عن الكيفية التي تكتسب وتفقد وتحوي بها الإلكترونات الطاقة والكيفية التي تدور بها في فلك نواة الذرة

من المكتشف؟ نيلز بور Niels Bohr

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

افتتحت ماري كوري القرن بإثباتها لوجود عالم ضمن ذري. فقام علماء آخرون أمثال آينشتاين وديراك وبورن ورذرفورد بتقديم الأوصاف النظرية الجديدة لهذا العالم. لكن ظل إثبات ما كان كامنا ضمن غلاف الذرة، وما كان يسيطر على سلوكها، واحداً من أعظم التحديات في فيزياء مطلع القرن العشرين.

كان نيلز بور من اكتشف أول نموذج واقعي للإلكترونات وهي تحيط بنواة الذرة – طريقة ترتيبها، حركتها، أنماطها الإشعاعية، وعمليات نقلها للطاقة. حلّت نظريته عدداً من المضاربات والعيوب التي تواجدت فيما سبقها من المحاولات لتوقع تركيب وفعالية الإلكترونات. إذ جمع بور بين التجربة المباشرة والنظرية المتقدمة لخلق فهم للإلكترونات، فخطا بالعلم خطوة هامة في مسيرته نحو العصر النووي.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان نيلز بور Niels Bohr لا يتعدى السادسة العشرين عام 1912م– فقد كان صغيراً جداً للدخول في معمعة جدال فيزيائي حامي الوطيس. لكن في ربيع ذلك العام، وبوصفه بروفيسوراً جديداً للفيزياء بجامعة كوبنهاغن، أدرك بور بأن النظرية الذرية لم تعد تناسب الهيكل النامي من البيانات الذرية التجريبية. ففي إحدى تجاربه، تحدى بور النظريات الكلاسيكية القائلة بأن الإلكترون الدائر في مداره سيفقد طاقته باستمرار ويتخذ مساراً لولبياً إلى داخل النواة. فالذرة ستنكمش وتضمحل في هذه الحالة. ولكن لم يحدث هذا قط، بل حافظت الذرات على استقرارها بشكل مدهش. كان هناك خلل ما في النظريات المتواجدة آنذاك– وهذا ما قاله بور أيضاً.

لم تكن هناك طريقة لمشاهدة الذرة بشكل فعلي، فما من وسيلة للتحديق في النواة ومراقبة ما يحدث فيها مباشرة. كان على العلماء التلمس في الظلام للإتيان بنظرياتهم، وغربلة دلائل غير مباشرة من أجل بصيص من الفطنة والإلمام بالوظائف الغريبة للذرات.

كانت التجارب الذرية تبني جبالاً من البيانات والمعطيات. فقد سجَّلت الدقائقَ الناجمة عن التصادمات الذرية، وقاست الزوايا التي تسارعت بها هذه الدقائق الجديدة بعيداً عن موقع التصادم، كما قاست المستويات الكهربائية للطاقة. لكن النزر اليسير من هذه البيانات كان مطابقاً مع النظريات الذرية.

مع بدء بور بالتنظيم لحياته التدريسية عام 1913م، قرأ عن دراستين تجريبيتين جديدتين. ففي أولاهما، وجد إنريكو فيرمي* Enrico Fermi بأن الذرات كانت تبعث الطاقة دوماً بنفس الكميات (أو الدفقات) القليلة. في التجربة الثانية، درس الكيميائيون كمية الطاقة التي كانت تشع بها ذرات كل عنصر. فوجدوا بأن هذا الإشعاع لم يكن مستمراً على جميع ترددات الطيف عند إمراره خلال موشور ما، ولكنه كان يأتي على شكل بروزات حادة بترددات منفصلة معينة. وأظهرت العناصر المختلفة أنماطاً متمايزة ومختلفة لهذه البروزات الطاقية. لم تخضع أي من التجربتين للنظريات الذرية المتواجدة آنذاك.

درس بور وقارن بين هذه الشذرات المختلفة والغير المترابطة ظاهرياً من البيانات، وذلك بناء على معرفة منه بأن هذه البيانات الجديدة لا بد أن تتعلق ببعض- طالما أنها تعاملت مع خصائص وإنبعاثات من ذات المصدر: الذرة.

و ما زال بور يغربل هذه البيانات والنظريات جميعاً على مر فترة دامت ثمانية أشهر، بحثاً عن طريقة يطابق بها هذه البيانات التجريبية مع نظرية ذرية ما، إلى أن توصل إلى فكرة ثورية بأواخر ذلك العام: لا يُفترض بالإلكترونات أن تكون طليقة في حركتها على النحو المعتقَد سابقاً.

بدلاً من ذلك، افترض بور بأن الإلكترونات التي تدور حول نواة ذرة ما يمكنها أن تتواجد فقط ضمن مدارات منفصلة ثابتة. ولغرض القفز إلى مدار أقرب، كان على

---

* إنريكو فيرمي (1901-1954م): فيزيائي إيطالي اشتهر بعمله على تطوير أول مفاعل نووي ومشاركاته الهامة في تطوير نظرية الكَم، الفيزياء النووية والجسيمية، وميكانيكا الإحصائية. نال جائزة نوبل في الفيزياء عام 1938م تكريما لعمله على النشاط الإشعاعي المحفِّز- المترجم.

الإلكترون أن يفقد كمية ثابتة من الطاقة (البروزات والكموم الملاحظة من الطاقة المشعة). ولو أراد إلكترون ما أن يقفز إلى مدار أعلى، كان عليه أن يمتص كموما ثابتة من الطاقة. لم يكن بمقدور الإلكترونات أن تذهب حيث شاءت أو أن تحمل أي مقدار من الطاقة تريدها، بل كان عليها أن تكون في أحد هذه المدارات المحددة القليلة، وأن تكتسب أو تفقد الطاقة بكموم محددة كذلك.

كان النموذج الذري لبور فكرة ثورية من نوعها وهجرانا نهائياً عن الأفكار السابقة. فقد تطابق جيداً مع الملاحظات التجريبية وفسَّر جميع المضاربات التي حملتها النظريات السابقة، كما أوضح كيفية وسبب ارتباط العناصر الكيميائية ببعضها على النحو المتعارف عليه.استُقبل اكتشاف بور بالتهليل والقبول فور إعلانه، وخدم خمسين عاماً كنموذج معتَرف به للذرة ولحركة الإلكترونات داخلها.

حقائق طريفة: عمل نيلز بور في مختبر لوس ألاموس السري بنيو مكسيكو، وذلك على مشروع مانهاتن Manhattan Project (الاسم المشفَّر لجهود تطوير القنابل الذرية من قِبل الولايات المتحدة خلال الحرب العالمية الثانية).

النظائر

Isotopes

سنة الاكتشاف 1913م

ما هذا الاكتشاف؟ النظائر هي أشكال مختلفة للعنصر الكيميائي ذاته تمتلك نفس الخواص الكيميائية والفيزيائية ولكن أوزاناً ذرية مختلفة

من المكتشف؟ فريدريك سودي Frederick Soddy

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

نظائر عنصر ما هي أشكال مختلفة قليلاً لذاك العنصر. تمتلك النظائر نفس الخـواص الكيميائية والفيزيائية والكهربائية للعنصر الأصلي، ولكن عدداً مختلفاً من النيوترونـات في نوى ذراقا. لقد أضفى اكتشاف النظائر بعداً جديداً على علوم الفيزياء والكيمياء.

أجاب هذا الاكتشاف على أسئلة محيِّرة أربكت باحثي الفيزيـاء المهـتمين بدراسـة العناصر المشعة. أصبحت دراسة النظائر أساساً جوهرياً لتطوير القدرة والأسلحة الذريـة. كما أن للنظائر أهميتها في علم الجيولوجيا طالما أن التأريخ بالكربون والتقنيات التقديريـة الأخرى لعمر الصخور تعتمد جميعاً على نسب نظائر معينة.

كان هذا الاكتشاف كفيلاً لوحده برفع الحواجز التي اعترضت طريق التقدم العلمي، وفتح حقولاً جديدة في بحوث الفيزياء والكيمياء، وأمدَّ بالأدوات البحثية الأساسية لبحوث علم الأرض.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد فريدريك سودي Frederick Soddy عام 1877م في سوسـيكس بـإنجلترا. وفي عام 1910م قبِل سودي بمنصب في جامعة غلاسكو كمحاضر في النشاط الإشـعاعي والكيمياء.

كانت دراسة العناصر المشعة لا تزال ممتعة وجديدة. وكانت العناصر المشعة تعـرَّف باختلافات في كتلتها وشحنتها الذرية وخواصها الإشعاعية، بما فيها أنواع وطاقات مختلف الدقائق (الجسيمات) التي تبثها.

طبقا لهذا النظام، كان العلماء قد تعرَّفوا تواً على 40 إلى 50 من العناصر المشعة. ولكن تواجدت 10 إلى 12 مكاناً لجميع هذه العناصر المشعة على الجدول الدوري للعناصر. إما أن الجدول الدوري لمندلييف كان خاطئاً أو- لسبب ما غير معروف- كانت العناصر المشعة تقع خارج منطق وترتيب الجدول الدوري.

لم يعن أي من الجوابين شيئاً، وتعرض البحث الإشعاعي إلى كبوة في مسيرته.

قرر سودي دراسة الدقائق الثلاثة الدون ذرية المعروفة التي تنبعث من مختلف العناصر المشعة (دقائق ألفا وبيتا وغاما)، فوجد بأن دقائق ألفا كانت تحمل شحنة موجبة (و كأنها بروتونين) وكتلة تساوي أربع بروتونات. أما أشعة غاما فلم تمتلك شحنة ولا كتلة، بل طاقة فقط، ولهذا لم تؤثّر على طبيعة الذرة نهائياً.

من جانبها لم تمتلك دقائق بيتا أية كتلة يمكن قياسها ولكنها حملت شحنة سالبة واحدة، فقد بدت وكأنها إلكترونات فقط.

عندما كانت ذرة ما تبعث دقيقة من دقائق بيتا، فإنها كانت تفقد شحنة سالبة. أدرك سودي بأن هذا مشابه لاكتساب شحنة موجبة بالذات. ابعث دقيقة ألفا وافقد شحنتين موجبتين من النواة، وأبعث دقيقة بيتا وأكتسب واحدة!

نظراً لأن الجدول الدوري كان مرتَّبا حسب عدد البروتونات في نواة الذرة – بدءاً بالعنصر الأخف (الهيدروجين) وصعوداً إلى أثقل عنصر معروف (اليورانيوم)، أدرك سودي بأن انبعاث دقيقة ألفا سيؤدي إلى زحف الذرة لخانتين نحو الشمال على الجدول الدوري وبأن انبعاث دقيقة بيتا سيزحف بها خانة واحدة نحو اليمين.

أستنتج سودي من هذه الملاحظة أنه لا بد أن تكون ذرات عناصر عدة قد تواجدت في عدة خانات مختلفة على الجدول الدوري. فاستعمل تقنيات مطيافية بحثية جديدة (اكتشفها غوستاف كيرخوف وروبرت بونزن عام 1859م) ليُظهر بأنه رغم امتلاك ذرات اليورانيوم والثوريوم لكتلة ذرية مختلفة وبالتالي احتلالها لخانات مختلفة على الجدول الدوري، فإنها كانت لا تزال كما هي، العنصر الأصلي.

دلَّ هذا على إمكانية أكثر من عنصر واحد احتلال نفس المكان على الجدول الدوري، وبأن ذرات عنصر واحد يمكن أن تحتل أكثر من مكان واحد وهي لا تزال نفسها، العنصر الأصلي. أطلق سودي على نسخ ذات العنصر التي احتلت أماكن على

الجدول الدوري غير المكان «الطبيعي» لذلك العنصر بـ *isotopes* أو «النظائر»، اشتقاقاً عن كلمة إغريقية بمعنى «نفس المكان».

بعدها، وفي نفس العام (1913م)، قاس الكيميائي الأمريكي تيودور ريتشاردز Theodore Richards الأوزان الذرية لنظائر الرصاص الناتجة عن التحلل الإشعاعي لليورانيوم والثوريوم وأثبت صحة نظرية سودي.

على كلٍ، لم يكن تفسير سودي لاكتشافه دقيقاً بالكامل. فكان اكتشاف تشادويك Chadwick للنيوترون (في 1932م) كفيلاً بتصحيح أخطاء سودي وبالتالي تكملة فهم مفهومه عن النظائر.

حاول سودي شرح نظائره مستعملاً البروتونات والإلكترونات فقط. أما تشادويك فقد اكتشف وجود عدد من النيوترونات المتعادلة في النواة يضاهي تماماً عدد البروتونات الموجبة. فاكتساب أو فقدان النيوترونات لم يغير من الشحنة الكهربائية أو من خواص المادة (طالما أن العناصر معرَّفة بعدد البروتونات في النواة)، ولكنه غيَّر فعلاً من الكتلة الذرية للذرة وبالتالي خلق نظيراً لذلك العنصر.

إذن، اكتشف سودي مفهوم النظائر، ولكن تطلب كامل فهمه فهماً لماهية النيوترونات بالأخير.

حقائق طريفة: النظائر أهم مما يتوقع معظم الناس. فباستعمال نظائر عناصر مختلفة يمكن أن نؤرِّخ لكل ما هو قديم من صخور ومتحجرات وبقايا بشرية ونباتات...الخ. النشاط الإشعاعي الطبيعي تصنعه النظائر، والقنبلة الذرية تستعمل نظيراً لليورانيوم*.

* إن للنظائر المشعة تطبيقات هامة للغاية في الحقل الطبي، سواء تشخيصية (الأصباغ المستعملة في عمليات التصوير بالأشعة المختلفة – أو ما تسمى بالأشعة الملونة)، علاجية (العلاج بالأشعة لحالات الأورام السرطانية أو الأدوية الإشعاعية المستعملة لعلاج أمراض الغدة الدرقية مثلاً)، أو تحليلية (تحديد مكونات الدم و البول ومحتواها من الهورمونات والأدوية والمستضدات)– المترجم.

لب الأرض و وشاحها

Earth's Core and Mantle

سنة الاكتشاف 1914م

ما هذا الاكتشاف؟ تتكون الأرض من طبقات، لكل منها كثافتها وحرارتها وتركيبتها المختلفة

من المكتشف؟ بينو غوتنبرغ Beno Gutenberg

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

من المستحيل أن ترى أو تخاطر أو حتى ترسل مجسات لأكثر من أميال قليلة تحت سطح الأرض. تكاد المسافة التي تربو الأربعة آلاف ميل من سطح الأرض لمركزها أن تكون بعيدة كلياً عن متناول البشر. ومع ذلك، لم يكن بمقدور العلماء فهم كوكبنا وتكوّنه دون امتلاكهم لمعرفة دقيقة بذاك الباطن الخفي.

قدم بينو غوتنبرغ أول تعليل منطقي لباطن كوكب الأرض. فاكتشافه أثبت بأن الأرض ليست كوكباً متجانساً صلداً، ولكن مقسماً إلى طبقات. كان غوتنبرغ أول من قدَّر لحرارة لب الأرض وخواصه الفيزيائية تقديراً صحيحاً. تعتبر اكتشافاته من الأهمية بحيث عادة ما يُعد صاحبها أباً لعلم فيزياء الأرض (الجيوفيزياء).

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

من مواليد عام 1889م بمدينة دارمشات بألمانيا، شغف بينو غوتنبرغ Beno Gutenberg بالعلم منذ طفولته ولطالما أدرك بأنه سيصبح راصداً جوياً في المستقبل. ومع البدء بثاني عام له في دراسته الجامعية لعلم الأرصاد الجوية عام 1907م، شاهد إعلاناً يصرِّح بتشكيل فرع بالعلم الجديد المسمى فيزياء الأرض (جيوفيزياء) في جامعة غوتنغن.

راقت لغوتنبرغ فكرة تشكيل فرع بعلم جديد بالكامل. فانتقل للدراسة بجامعة غوتنغن، وأثناء تخصصه في علم الأرصاد الجوية، درس تحت إشراف إميل ويخيرت Emil Wiechert، أحد رواد العلم الناشيء المعروف بعلم الزلازل (السيسمولوجي)- علم دراسة الموجات الناجمة عن الزلازل والهزات الأرضية.

حين تخرجه عام 1913م، كان غوتنبرغ قد تحوَّل من علم الأرصاد الجوية (دراسة الجو) إلى علم فيزياء الارض (دراسة باطن الأرض). لقد كان ذلك مثالاً على التواجد في المكان المناسب بالوقت المناسب.

كانت بمتناول يد غوتنبرغ جميع بيانات ويخيرت ودراساته، المجموعة الأكثر اتساعاً وشمولاً للبيانات الزلزالية بالعالم. كان ويخيرت قد ركَّز على جمع البيانات، أما غوتنبرغ فقد ركَّز على دراسة أنماط هذه البيانات.

وجد غوتنبرغ بأنه، نموذجياً، لم تكن الموجات الزلزالية تصل جميع أجزاء سطح الأرض، حتى عندما كانت الهزّات قوية بدرجة كافية لتُقاس في كل مكان. لقد تواجدت دوماً منطقة ظل *shadow zone* امتدت على نحو مستقيم تقريباً من مكان الحدث عبر الكرة الأرضية، خلت تماماً من أية موجات زلزالية.

كما لاحظ بأن الموجات الزلزالية تبدو وكأنها تنتقل بسرع مختلفة على مسارات مختلفة عبر الأرض. كل هذا جعل من غوتنبرغ يعتقد بأن باطن الأرض ليس كتلة صلدة متجانسة، بل يجب أن يمتلك بضع طبقات أو مناطق منفصلة.

استقر غوتنبرغ على تصوير الأرض كالبيضة، فسطح الأرض رقيق وهش كقشرة البيضة، مع لب (كصفار البيضة) أكثر كثافة من الوشاح المحيط (كبياض البيضة).

لو افترضنا بصحة هذا التصوير، فإن الموجات الزلزالية المتجهة نحو اللب ستغير من سرعها وستحيد (تنثني) نظراً لاختلاف الكثافة بين الطبقتين. أحد أنواع الموجات الزلزالية التي درسها غوتنبرغ كان ما يسمى *transverse waves* أو «الموجات المستعرضة». لم تكن هذه الموجات لتدخل اللب بتاتاً. من معرفته بأن الموجات المستعرضة تتشتت سريعاً في المحيط السائل، خمن غوتنبرغ أن يكون لب الأرض سائلاً هو الآخر.

كان غوتنبرغ يمتلك بيانات كافية عن درجات الحيود المسجَّلة لما يكفي من الموجات الزلزالية لحساب الكبر والكثافة المفروضين للب حتى يخلق أنماط الحيود التي سجَّلها علماء الزلازل. إن للب الأرض، قال غوتنبرغ، قطراً يساوي 2100 ميلاً.

بناء على هذه الحسابات وتجارب كيميائية أجراها في أوائل عام 1914م والتركيب الكيميائي المقاس للنيازك، قدّر غوتنبرغ أن اللب كان خليطاً سائلاً من النيكل والحديد، بينما تكوَّن الوشاح من مادة صخرية.

تم القبول بنموذج غوتنبرغ على الفور ولم يُعدَّل عليه لحين عام 1938م. ففي ذلك العام، أتمت إينغ ليمان Inge Lehman دراسة مفصَّلة عن موجات «P» (نوع آخر من الموجات الزلزالية) وبمعدات أكثر تطوراً بكثير من تلك المستعملة عام 1914م. أظهر بحثها أن لب الأرض مقسَّم إلى لب داخلي صلب وآخر خارجي سائل، كما قَسَّمت الوشاح أيضاً إلى غلاف داخلي وآخر خارجي. لقد أكمل هذا الاكتشاف صورتنا الأصلية عن باطن كوكبنا الأم.

حقائق طريفة: تعتبر قشرة الأرض صلبة- كما هو اللب الداخلي. ولكن ما بينهما من لب خارجي* ووشاح (90% من كتلة الأرض)، فموجود بحالة سائلة إلى شبه صلبة مذابة. نحن لا نعيش على كوكب صلد تماماً.

* يُعتقد أن اللب الخارجي هو مصدر الحقل المغناطيسي للأرض، حيث يتميز بخاصية المحرك «الدينامو» التي تولِّد تيارات كهربائية ضمن محيطه السائل- المترجم.

الانجراف القاري

Continental Drift

سنة الاكتشاف 1915م

ما هذا الاكتشاف؟ تنجرف قارات الأرض وتتحرك على مر الزمن

من المكتشف؟ ألفريد فيغنر Alfred Wegener

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

قبل اكتشاف فيغنر، اعتقد العلماء أن الأرض كانت بمثابة جسم ساكن- لا يتغير أبداً، الآن كما كان في السابق. قاد اكتشاف ألفريد فيغنر، بأن قارات الأرض تنجرف عبر وجه الكوكب، إلى النظريات الحديثة عن دراسة تركيب وحركات الطبقات الجيولوجية وإلى فهم صائب للكيفية التي تتحرك وتنساب وتتفاعل بها قشرة كوكب الأرض وغشاءه ولبه. كما خلق أول إدراك بالتاريخ الديناميكي لكوكب الأرض.

فك اكتشاف فيغنر ألغازاً مستعصية في العديد من حقول المعرفة- وبنفس الوقت حرَّك أسئلة جديدة إلى السطح لا تزال موضع جدل إلى يومنا هذا. بأي حال من الأحوال، يقف هذا الاكتشاف حجر أساس في فهمنا الحديث لعلوم الأرض.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد ألفرد فيغنر Alfred Wegener عام 1880م ببرلين. كان غير مرتاح البال على الدوام وفاعلاً أكثر من كونه مفكراً، فانتقل بتخصصه الجامعي من علم الفلك إلى علم الأرصاد الجوية لأن «علم الفلك لم يتح فرصة بالحركة الجسدية». عقب تخرجه، تعاقد فيغنر على السفر إلى أيسلندا وغرينلاند لأغراض الاستطلاعات الجوية، وذلك عامي 1906 و1908م.

بينما لا يزال على سفره عام 1910م، لاحظ فيغنر التناسق المدهش للخطوط الساحلية لأمريكا الجنوبية وأفريقيا. لم يكن فيغنر، بطبيعة الحال، أول من يلاحظ هذا التناسق، ولكنه كان بالتأكيد أول من فكَّر بأهميته.

في عام 1911م، أظهرت خرائط محيطية جديدة الرفوف القارية للمحيط الأطلسي (الرفوف القارية هي عبارة عن رفوف تحت مائية سطحية تمتد خارجة عن القارات). لاحظ فيغنر تناسقاً وتطابقاً بين الرفوف القارية لأمريكا الجنوبية وإفريقيا أفضل حتى من ذاك الذي لاحظه في الخطوط الساحلية من قبل. لقد «تطابقت كقطع لعبة الصور المقَطَّعة».

أدرك فيغنر أن هذا التطابق المتكامل لم يكن محض مصادفة، وتوقع بأن تكون القارتان مرتبطتين يوماً ما- رغم أنهما منفصلتان الآن بعدة آلاف من أميال المحيط. لقد كانت تلك ملاحظة جذرية من نوعها طالما افترض العلماء جميعاً بأن القارات لم تتحرك إطلاقاً عن مواقعها الراسخة على كوكب الأرض.

في ذات السنة أيضاً، قرأ فيغنر دراسات لاحظت نفس الاكتشافات المتحجرة في أمريكا الجنوبية وفي أجزاء متناظرة من إفريقيا الساحلية. افترض العديد من العلماء وجود جسر أرضي يوماً ما بين الاثنتين مما سمح للأنواع النباتية والحيوانية بالاختلاط ببعض. هذا الجسر، استرسلوا في افتراضهم، سقط منذ زمن بعيد إلى قعر المحيط.

من جانبه آمن فيغنر باستحالة وجود جسر أرضي في الزمان القديم، وإلا لكان قد ترك علامات دالة على أرضية المحيط وخلق تشوهات تجاذبية لم يُعثر عليها جميعاً. فقرر في عام 1912م أن يعتمد على حقول ومصادر مختلفة لتجسيد دليل دامغ يثبت أن القارات كانت ملتحمة في يوم من الأيام.

استسقى فيغنر معظم بياناته الجيولوجية من العمل الميداني الواسع النطاق لإدوارد سويس Eduard Suess. ففي مكان تلو الآخر، اكتشف سويس تطابقاً مضبوطاً للصخور الساحلية المتقابلة على جانبي المحيط.

تدفّق فيغنر خلال اكتشافات المئات من المسوح الجيولوجية ليُظهر بأن تركيب الصخور، اختلاطات الأنواع الصخرية، وطبقات الصخر على القارتين (أمريكا الجنوبية وإفريقيا) قد طابقت بعضها البعض على امتداد الخط الساحلي. حيث وجد تراكيب تعرف بالأعمدة (مرفقة بالماس) على كل من جانبي جنوب الأطلسي، وبوضع متقابل تماماً. كما جمع أيضاً سجلات عن التجمعات الماضية والحاضرة للنباتات على جانبي الأطلسي وخطط لها ليبين الكيفية التي تطابقت بها على امتداد خط الساحل.

التفسير الوحيد الذي قدر فيغنر على إعطاءه حول هذه التشابهات هــو أن أمريكــا الجنوبية وإفريقيا كانتا متحدتين في قارة واحدة ثم انجرفت إحداهما أو كلتاهمــا بعيــداً. ثم توسّع في نظريته لتغطي كافة القارات (فمثلا، كانت أمريكا الشمالية متحدة يوماً ما مــع أوربا) ووصل إلى استنتاج مؤداه أن الكتل اليابسة لكوكب الأرض كانت ملتحمة بــبعض في وقت من الأوقات مشكّلة قارة واحدة شاسعة، أطلق عليها Pangaea أو «بانجيــا» (مشتقة من الإغريقية بمعنى «جميع الأرض»).

دفع فيغنر باكتشافاته ونظريته إلى النشر عام 1915م. كان علمــاء العــالم شــاكّين باستنتاجاته ومتأثرين في نفس الوقت بكمية وتنوع البيانات التي قدَّمها. اكتــشف فيغنــر ظاهرة الانجراف القاري، ولكن تعثّر حين عجز عن شرح الكيفية التي انجرفت بها القارات (ماهية القوة التي قادتها عبر قاع المحيط الأكثر كثافة)*.

بعدها بأربعين عاماً، اكتشف هارفي هيس Harvey Hess ظاهرة انتشار قاع البحر وملأ بذلك هذه الثغرة في نظرية سلفه فيغنر.

حقائق طريفة: الهيمالايا، النظام الجبلي الأعلى في العالم، ناتجة عــن التصادم المستمر بين طبقتين جيولوجيتين عظيمتين (طبقة أوراسيا وشبه القارة الهندية)، والذي بدأ قبل 40 مليون سنة خلت.

* كان فيغنر في خضم البحث عن الدليل القاطع لإثبات صحة نظريته، عندما تعرضت قافلته إلى عاصفة ثلجية هوجاء في جزيرة غرينلاند عام 1930م، فعثر عليه أصحابه ميتاً بعد فترة– المترجم.

الثقوب السوداء

Black Holes

سنة الاكتشاف 1916م

ما هذا الاكتشاف؟ نجم منهار من الكثافة وكبر السحب التجاذبي بحيث لا يقدر، حتى الضوء، من الإفلات منه. هكذا نجوم ستبدو مثل ثقوب سوداء في كون أسود

من المكتشف؟ كارل شفارتزتشيلد Karl Schwarzschild

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يعتبر الكثيرون أن الثقوب السوداء هي الأعجوبة العظمى للكون، والأكثر غرابة من بين جميع الأجرام السماوية. قد تكون الثقوب السوداء أماكن ولادة لأكوان جديدة، بل وحتى لأبعاد جديدة، وقد تشير إلى بداية ونهاية الزمن. يعدُّها البعض وسائل محتملة للسفر عبر الزمن وكذلك للسفر بأسرع من سرعة الضوء. يؤمن الكثيرون بأن الثقوب السوداء قد تكون المصدر النهائي للطاقة في المستقبل، فتعمل كمحطات لتوليد القدرة على امتداد المجرات.

كانت الثقوب السوداء، بالتأكيد، بمثابة لغز عظيم، نظري أولاً ثم عملي لاحقاً، في علم الفلك بالقرن العشرين. فاكتشافها دفع بالعلم خطوة جبارة نحو فهم الكون من حولنا وأدلى بدليل قاطع على صحة نظرية آينشتاين في النسبية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في الحقيقة، ليس الثقب الأسود ثقباً على الإطلاق. فهو عبارة عن نجم منهار تهشم على ذاته. كلما تكثف النجم، ازدادت جاذبيته. فلو أصبحت جاذبية النجم المنهار من القوة بحيث لا يستطيع حتى الضوء (دقائق تنتقل بسرعة الضوء) الإفلات من سحبه التجاذبي، فانه سيبدو مثل ثقب أسود (في الخلفية السوداء المعتمة للفضاء).

نال رجلان اثنان شرف اكتشاف هذه الظواهر الغريبة والغير المرئية. أما الأول، فكان الفتى المعجزة، الفلكي الألماني، كارل شفارتزتشيلد Karl Schwarzschild. منذ نعومة

أظفاره، افتتن شفارتزتشيلد بالميكانيكا السماوية (حركة النجوم)، ونشر أول تقريرين له عن النظرية المفسِّرة للكيفية التي تتحرك بها النجوم المزدوجة وهو لم يتعد سن السادسة عشرة (في 1889م). وفي العام 1900م، ألقى شفارتزتشيلد محاضرة أمام المجمع الفلكي الألماني افترض من خلالها بأن الفضاء لا يعمل كصندوق منتظم ثلاثي الأبعاد، بل يعوَّج بطرق غريبة، و يُسحب ويُدفع من قِبل الجاذبية. أسمى شفارتزتشيلد هذه الظاهرة «انحناء الفضاء».

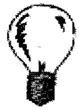
بعدها بخمس سنوات، نشر آينشتاين معادلته في الطاقة ونظريته في النسبية، والتي تحدثت بدورها عن انحناء الفضاء. في عام 1916م، وأثناء خدمته مع الجيش الألماني على الجبهة الروسية خلال الحرب العالمية الأولى، كان شفارتزتشيلد أول من يحل معادلات آينشتاين في النسبية العامة. وجد بأنه عندما ينكمش نجم ما إلى نقطة واحدة من مادة تفوق بكثافتها الخيال، فان سحبه التجاذبي سيزداد بحيث يتوجب على دقيقة (جسيم) ما أن ينتقل بسرعة أكبر وأكبر حتى يفلت من أسر تلك الجاذبية (تدعى سرعة الإفلات). أظهرت حسابات شفارتزتشيلد بأنه عندما ينهار نجم عملاق وينكمش إلى نقطة واحدة من مادة لا نهائية الكثافة، فإن سرعة إفلاته ستفوق سرعة الضوء. لا شيء إذن يمكنه الإفلات من هكذا نجم منهار. فالأمر سيبدو وكأن الجسم أو النجم قد اختفى ولم يعد موجوداً في كوننا هذا.

بهذه الحسابات، اكتشف شفارتزتشيلد مفهوم الثقب الأسود عام 1916م ، واستحدث التعابير التي نتداولها اليوم لوصفه (أفق الحدث، سرعة الإنفلات....الخ). لكن اكتشافه للثقوب السوداء كان اكتشافاً «رياضياً»، دون أن يؤمن بتواجدها فيزيائياً. فقد اعتقد أن ما قام به كان تمريناً حسابياً لا غير.

بعد خمسين عاماً، بدأ الفلكيون بالبحث جدياً عن نجوم شفارتزتشيلد المنهارة الغير المرئية. و إدراكا منهم بطبيعة التستر والخفاء لهذه النجوم، قام الفلكيون بتتبع الحركات الغير المفسَّرة للنجوم التي أمكنهم رؤيتها وبالتالي إظهارها على أنها ناجمة عن السحب التجاذبي لثقب أسود مجاور غير مرئي. (ابتكر الفلكي جون ويلر John Wheeler اسم «الثقب الأسود» عام 1970م)

في عام 1971م، أظهرت حسابات فريق ويلر بأن النجم الثنائي الباعث للأشعة السينية، سيغنس أكس-1 Cygnus X-1، كان نجماً يدور حول ثقب أسود. كانت تلك المرة الأولى التي يتم فيها تقصي أي ثقب أسود على الإطلاق.

لم يتم العثور على ثقب أسود في مجرة درب التبانة إلا عام 2004م، وذلك من قِبل البروفيسور فيل تشارلز Phil Charles من جامعة ساوثامبتون ومارك واغنر Mark Wagner من جامعة أريزونا، وكان على بعد 6000 سنة ضوئية من الأرض ضمن هالة مجرتنا. ولكن يبقى لكارل شفارتزتشيلد شرف اكتشاف كيف «بدت» الثقوب السوداء وكيف يمكن تحديد موقع أحدها، وذلك عام 1916م*.



حقائق طريفة: مكتشَفا في كانون الثاني (يناير) من عام 2000م، فإن أقرب ثقب أسود عن الأرض يقع على بعد 1600 سنة ضوئية فقط من الأرض ويدعى V4641 Sgr. هذه الثقوب السوداء الاعتيادية تكبر الشمس كثافة ببضع مرات، ولكن تقع الثقوب السوداء الفائقة الكثافة في صميم المجرات وقد تفوق كثافتها كثافة الشمس بملايين المرات.

---

* وهو ذات العام الذي قضى فيه هذا العالم نحبه، متأثراً بمضاعفات مرض جلدي نادر نسبياً يعرف بمرض الفقاع **pemphigus** أو مرض أيوب (حيث يعتقد بأنه ذات المرض الذي ألّم بالنبي أيوب عليه السلام)- المترجم.

الإنسولين

Insulin

سنة الاكتشاف 1921م

ما هذا الاكتشاف؟ الإنسولين هو هرمون ينتجه البنكرياس يسمح للجسم بسحب السكر من الدم وبالتالي حرقه لإنتاج الطاقة

من المكتشف؟ فريدريك بانتنغ Frederick Banting

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

اكتشف فريدريك بانتنغ طريقة لإزالة واستعمال «عصارة» بنكرياس الحيوانات لإنقاذ حياة مرضى السكَّر من البشر. يُدعى هذا الهرمون «الإنسولين». لقد أنقذ اكتشافه ملايين الناس من براثن الموت. وفي وقت جرت العادة فيه أن تكون كلمة السكري بمثابة حكم بالموت، وغابت فيه أية طريقة معروفة للتعويض عن وظيفة البنكرياس بعد توقفه عن إنتاج الإنسولين، جاء اكتشاف باتنغ ليغيِّر الأوضاع رأساً على عقب.

رغم أن الإنسولين ليس علاجاً شافياً لداء السكر، إلا أن هذا الاكتشاف كان كفيلاً بتخفيف حكم الموت لهذا المرض إلى خلل قابل للمعالجة، يعيش به ملايين من الناس حياة صحية وطبيعية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في أوائل عام 1921م، جاء جرّاح الكسور الكندي، البالغ من العمر ثمانية وعشرين عاماً، فريدريك بانتنغ Frederick Banting بنظرية- كانت أشبه بفكرة مبهمة، في الحقيقة- تصف طريقة لمساعدة المرضى المعانين من داء السكَّر.

كان المسلك المرضي لداء السكَّر معروفاً تقريباً ذلك الحين:

الخلايا الخارجية من البنكرياس تفرز عصارات هضمية قوية، ولكن الخلايا الداخلية تنتج هرمونا رقيقا يتدفَّق مباشرة إلى مجرى الدم. فأنسجة الجسم تحصل على طاقتها من السكريات الموجودة في التيار الدموي، والتي تأتي من الطعام. لكن الجسم لا يقدر على

سحب السكَّر خارجاً من تيار الدم دون وجود ذاك الهرمون المفرَز من قِبل الخلايا الداخلية للبنكرياس.

فعندما تتوقف الخلايا الداخلية لبنكرياس شخص ما عن صنع ذلك الهرمـــون، فـــإن خلاياه تعجز عن سحب السكَّر من الدم، وبالتالي يصبح التيار الدموي مكتظّـــاً بالـــسكَّر ويكافح للتخلص منه عبر الزيادة في التبول. فيتعرض الجسم للجفاف، ويعتلُّ الشخص في صحته حتى يموت.

إذن، كان الموت نتيجة حتمية للمريض بالسكر عام 1921م، في ظل غياب علاج ما يعيد للجسم توازنه الأيضي الطبيعي.

حاول الباحثون الحصول على هرمون البنكرياس (الذي أشاروا إليه بـــ«العـــصارة») من الحيوانات. ولكن عند طحن البنكرياس، فإن العصارات الهاضمة المفرَزة من قبل الخلايا الخارجية كانت من القوة بحيث حطَّمت العصارة الرقيقة المفرَزة من قِبل الخلايا الداخليـــة قبل استعمالها والاستفادة منها.

قرأ بانتنغ مقالاً للدكتور موسيس بارون Moses Barron وصف فيه مصير بضعة مرضى عانوا من انسداد في القنوات الناقلة للعصارة الهاضـــمة مـــن الخلايـــا الخارجيـــة للبنكرياس إلى الأمعاء. فكانت هذه الأحماض القوية قد انحصرت داخل الخلايا الخارجيـــة وحطَّمتها. أي يمكن أن نقول حرفياً أن الخلايا قد انطفأت وتجففت.

تساءل بانتنغ إمكان تعمد قتل خلايا البنكرياس الخارجية لحيوان ما وبالتـــالي حـــصد عصارة خلاياه الداخلية للاستعمال من قِبل مرضى السكَّر.

كانت خطته بسيطة بما فيه الكفاية: اعملْ عملية جراحية لربط القنوات الصادرة من الخلايا الخارجية لبنكرياس كلب، انتظر للأسابيع الثمانية التي ذكرها الـــدكتور بـــارون في مقاله، وأمَلْ بأن الخلايا الخارجية قد جفت وماتت.

أخيراً، في عملية ثانية، كان على بانتنغ أن يحصد بنكرياس الكلب ويرى إن كـــان لا يزال يحوي الخلايا الداخلية المنقذة للحياة وعصارتها الثمينة. وكان عليه أن يُحدِث مـــرض السكَّر اصطناعياً في كلب آخر ويلاحظ مدى قدرة السائل البنكرياسي للكلب الأول على إبقائه على قيد الحياة.

دون أي تمويل أو رأس مال، تدبَّر بانتنغ استعمال مختبر وستة من كــلاب الاختبـــار. كانت العملية الجراحية بسيطة من نوعها، ولكن كان عليه الآن أن ينتظر ثمانية أسابيع لحين موت الخلايا الخارجية.

على أية حال، بحلول الأسبوع السادس دخل الكلب المريض حالة من الإغماء، تعتبر آخر مراحل مرض السكَّر قبل الموت. فقام بانتنغ بإجراء عملية فورية على أحد الكـــلاب الآخرين، وأزال بنكرياسه بنجاح، ثم طحن هذا النسيج واستخلص عـــصارته بإذابتـــه في محلولٍ للكلوريد، وحقن كمية قليلة من هذه العصارة إلى الكلب المريض بالسكري.

لم يمض سوى ثلاثين دقيقة حتى استفاق الكلب من غيبوبته، ثم توقَّف على قدميـــه في غضون ساعتين فقط، وبدأ بالتزحلق ثانية من أعلى التلة. بحقنة أخـــرى انـــتعش الكلـــب المسكين بالطاقة وبدأ بالنباح والتلويح بذيله.

كان باتنتغ في غاية النشوة والفرح. فقد صدق حدسه فعلاً!

أطلق الدكتور جون ماكليود John Macleod على هذه العصارة أسم «إنسولين insulin»*، وذلك خلال السنتين اللتين عمل فيهما مع الدكتور بانتنغ بحثاً عـــن طريقـــة للحصول على هذه العصارة الثمينة دون إلحاق الأذى بكلاب المختبر- مأثرة حققاهـــا في النهاية**.

حقائق طريفة: في عام 1922م، كان صبي في الرابعة عشرة من عمـــره يعاني من النوع I لـــداء الـــسكر type I diabetes أول مـــن يُعـــالج بالأنسولين، واظهر حينها تحسناً سريعاً من نوعه.

---

* وذلك اشتقاقا عن لفظة ***insula*** اللاتينية بمعنى «الجزيرة»، إشارة إلى جزر لانغرهانز في البنكرياس التي تقوم بإفراز هذا الهورمون – المترجم.

** وحققا جائزة نوبل في الطب (أو الفسلجة) عام **1923**م عن جدارة و استحقاق (علمـــاً أن بـــانتنغ اصغر من حاز على جائزة نوبل في الطب، بعمر الثانية و الثلاثين)- المترجم.

الناقلات العصبية

Neurotransmitters

سنة الاكتشاف 1921م

ما هذا الاكتشاف؟ مواد كيميائية تنقل النبضات العصبية بين الألياف العصبية المنفردة

من المكتشف؟ أوتو ليفي Otto Loewi

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

على غرار فك الشفرة الوراثية وصناعة القنبلة الذرية، يُعد اكتشاف الطريقة التي يتواصل بها نظام الخلايا العصبية للدماغ واحداً من التطورات الجوهرية للعلم خلال القرن العشرين.

ترسل الأعصاب إشارات حسية إلى الدماغ، والدماغ بدوره يومض بأوامر إلى العضلات والأعضاء من خلال الأعصاب. لكن كيف؟ أحدث اكتشاف أوتو ليفي للناقلات العصبية (المواد الكيميائية التي تجعل من هذا التواصل ممكناً) ثورة في طريقة تفكير العلماء عن الدماغ وحتى ما يعنيه هذا التركيب المعقَّد للإنسان. تسيطر الناقلات العصبية على الذاكرة، التعلم، التفكير، السلوك، النوم، الحركة، وكذلك جميع الوظائف الحسية. كان هذا الاكتشاف مفتاحاً من مفاتيح فهم وظيفة الدماغ ومنظومته.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1888م، كان عالم التشريح الألماني هاينريش فالدر-هارتز Heinrich Walder-Hartz أول من افترض بأن الجهاز العصبي مؤلَّف من شبكة منفصلة من الخلايا، اسماها *neurons* «العَصَبْات أو الخلايا العصبية». كما استنتج أن نهايات الخلايا العصبية المنفردة تقترب من بعضها البعض ولكن دون أن تتلامس فعلياً. وفي عام 1893م، اتَّبع العالم الإيطالي كاميللو كولجي Camillo Colgi طريقة جديدة لصبغ الخلايا أظهرت أدق التفاصيل تحت الميكروسكوب، فأثبت على ضوئها صواب فالدر-هارتز في دعواه.

أحدث اكتشاف فالدر-هارتز، على أية حال، جدلاً واسعاً في الأوساط العلمية. إذا لم تتلامس الخلايا العصبية حقاً، فكيف تتواصل مع بعض؟ ذهب بعض العلماء بالقول أن

الإشارات لا بد أن تُرسل كهربائياً، طالما أن هنالك تيارات كهربائية في الدماغ، في حين جادلهم فريق ثانٍ بأن الإشارات العصبية لا بد مرسلَة كيميائياً طالما لم يُعثر على ارتباطات كهربائية متينة بين الخلايا العصبية المنفردة. وما زاد من الطين بلة، أن أحداً من الفريقين لم يقدر على إثبات موقفه.

ولد أوتو ليفي Otto Loewi في فرانكفورت بألمانيا عام 1873م. أراد أن يصبح مؤرخاً فنياً إلا أنه لم يجد بدا من الرضوخ إلى ضغط عائلته فدخل كلية الطب. بعد نجاحه في اختباره الطبي بشق الأنفس، عمل ليفي في مستشفى المدينة بفرانكفورت. إلا أنه أصيب بنوبة من الكآبة وهو يرى كل تلك الأعداد التي لا حصر لها من حالات الوفاة، وهول المعاناة التي عاشها مرضى السل وذات الرئة ممن ضجت بهم أروقة المستشفى، فيلقون حتفهم تباعا دون علاج شافٍ وفعّال.

ترك ليفي الممارسة العملية الطبية وتحوَّل إلى مجال البحث الدوائي (دراسة العقاقير والأدوية وتأثيراتها على أعضاء الجسم البشري)، دارساً الكيفية التي استجابت بها الأعضاء البشرية المختلفة (بما فيها الكلى والبنكرياس والكبد والدماغ) للمحفزات الكهربائية والكيميائية، ومضمناً إياها في بحوث ومقالات قدَّمها على مر خمس وعشرين سنة تالية (1895–1920م).

في عام 1920م، ركَّز ليفي معظم اهتمامه على دراسة الأعصاب. فقد اقتنع بنقل المواد الكيميائية للإشارات بين الألياف العصبية، ولكن شأنه شأن غيره من فريقه من الباحثين، لم يستطع أن يثبت اقتناعه هذا. ثم حدث ما حدث، وجاءه الجواب في الحلم– كما صرَّح بذلك لاحقاً.

كانت ليلة ما قبل عيد الفصح من عام 1921م قد شارفت على الانتصاف، عندما هبَّ ليفي من نومه مجفلا، فتناول ورقة خربش عليها بعض الملاحظات عن فكرة حلمه، واستكمل نومه من جديد. لدى استيقاظه صبيحة اليوم التالي، وجد ليفي نفسه عاجزاً عن قراءة ملاحظته المطلسمة، والأسوأ أنه نسي ما رآه في منامه أيضاً. كل ما تذكره أن حلمه وملاحظاته كانت مهمة للغاية.

في الليلة التالية، استيقظ ليفي من نفس الحلم ثانية حوالي الساعة الثالثة صباحاً، متذكِّراً إياه بوضوح هذه المرة. فلم يجرؤ على الخلود للنوم مجدداً، بل نهض واتجه إلى

مختبره، وشرع بإجراء تجربته البسيطة التي جاءته في المنام- والتي ذاع صيتها بعد ذلك، وخرجت من حلم صاحبها لتدخل التاريخ إلى الأبد.

أزال ليفي قلبي كلبين جراحياً وهما لا زالا في حالة خفقان، ووضع كلاً منهما في وعائه الخاص من محلول السلاين (ملح)، مبقيا على العصب الذاتي (العصب التائه *Vagus* nerve) لأحد القلبين دون الآخر. فعندما سلط ليفي تياراً كهربائياً صغيراً على العصب التائه للقلب الأول، تباطأ عن الخفقان. وعندما سمح ببعض السلاين بالتدفق من الوعاء الأول إلى الوعاء الثاني، تباطأ القلب الموضوع في الوعاء الأخير ليتناسب مع السرعة البطيئة للقلب الأول.

لم تكن الكهرباء ما أثر في القلب الثاني، بل لا بد أن تكون مادة كيمائية تحررت من العصب التائه للقلب الأول إلى محلول السلاين، الذي تواصل بعد ذلك مع القلب الثاني وسيطر عليه. اكتشف ليرفي أن الخلايا العصبية تتواصل مع بعضها بمواد كيمائية، وأطلق على هذه المادة الكيميائية بالذات *vagusstoff* «فيغستوف»*.

كان صديق ليفي، الإنجليزي هنري ديل Henry Dale، أول من عزل وفك تركيب هذه المادة الكيميائية، التي نعرفها الآن باسم *acetylcholine* «أسيتايلكولين». كما ابتكر ديل اسم *neurotransmitters* أو «الناقلات العصبية» لوصف هذه المجموعة من المواد الكيميائية التي تتداولها الأعصاب في التواصل مع بعضها البعض**.

حقائق طريفة: أطول خلية عصبية في الجسم، العصب الوركي sciatic nerve، تمتد من أسفل منطقة العمود الفقري إلى القدم- حوالي قدمين إلى ثلاثة أقدام طولاً!

---

* دعي ليرفي أبا لعلم الأعصاب **neuroscience** – المترجم.

** تقاسم الصديقان جائزة نوبل في الطب (أو الفسلجة) عام **1936**م عن جدارة واستحقاق- المترجم.

تطور الإنسان

Human Evolution

سنة الاكتشاف 1924م

ما هذا الاكتشاف؟ تطورت أشباه البشر لأول مرة في إفريقيا وذلك من عائلة القردة -كما افترض داروين

من المكتشف؟ رايموند دارت Raymond Dart

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لطالما تساءل البشر كيف أتوا على سطح هذا الكوكب، وقدَّمت الأديان والثقافات جميعها تقريباً تفسيراتها وقصصها حول نشأة الإنسان. في أوائل القرن العشرين، آمن معظم العلماء بأن البشر الأوائل ظهروا في آسيا أو شرق أوربا، ثم جاء دارت ليكتشف جمجمة تاونغ ليقدِّم بذلك أول دليل راسخ على تطور إفريقي لأشباه البشر الأوائل وكذلك أول متحجر رابط بين البشر والقردة، مرسِّخاً بذلك جزءاً من نظريات داروين. أعاد هذا الاكتشاف توجيه دفة جميع البحوث التطورية البشرية ويعتبر حجر أساس لمعتقدات العلم الحديثة حول تاريخ ونشأة أنواعنا.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد رايموند دارت Raymond Dart في كويترلاند باستراليا عام 1893م، وذلك في حقل عشبي حيث كانت عائلته تكافح لرعي المواشي. تفوَّق ونبغ في دراسته فحصل على زمالة لدراسة الطب وتخصص بعلم التشريح العصبي. في عام 1920م، تقلَّد منصباً مرموقاً كمساعد لغرافتون إليوت سميث Grafton Elliot Smith بجامعة مانشستر الإنجليزية. ولكن تدهورت علاقتهما و، في العام 1922م، بفترة قصيرة بعد عيد ميلاده الثلاثين، نُقل دارت ليصبح بروفيسوراً للتشريح في جامعة وتواترسراند الحديثة التأسيس آنذاك بمدينة جوهانسبورغ في جنوب أفريقيا. وصل دارت هناك وهو يشعر بمرارة النبذ والخيانة.

في عام 1924م، علم دارت بأمر بضعة جماجم متحجرة لقردة السعدان عُثر عليها بالقرب من مقلع للأحجار الجيرية في تاونغ، فطلب بإرسالها إليه وكذلك أية متحجرات يتم

العثور عليها في ذلك الموقع. لم يتوقع دارت إيجاد أي شيء مثير للاهتمام في تلك المتحجرات، ولكن المتحف التشريحي للجامعة الجديدة كان بحاجة ماسة لأي شيء يمكن أن يسد نقص محتوياته، في حقيقة الأمر.

نُقل أول صندوقين من العظام المتحجرة إلى منزل دارت بعد ظهيرة أحد أيام السبت بأوائل شهر أيلول (سبتمبر) من عام 1924م، في وقت كان يرتدي فيه ملابسه استعداداً لاستقبال حفل زفاف كان سيقام في منزله في مساء ذلك اليوم. فبالكاد وجد وقتا ليضع الصندوقين جانباً، ولكن دفعه الفضول بعد ذلك أن يفتحهما هناك في الممر المفضي إلى مدخل داره. كما تصوَّر،عند فتحه لم يحتوِ الصندوق الأول على أي شيء ملفت لانتباه الناظر.

على أية حال، كان يوجد على كومة الصخور التي احتواها الصندوق الثاني شيء سرعان ما أجزم دارت أنه قالب مصاغ عن السطح الداخلي للجمجمة– أو بالأحرى دماغ متحجر (أمر نادر بكل المقاييس). كما أدرك دارت من أول نظرة أن هذا لم يكن دماغ قرد اعتيادي، فقد بدا أكبر من دماغ قرد السعدان بثلاثة أضعاف بل وحتى أكبر بكثير من دماغ قرد الشمبانزي البالغ.

كان شكل الدماغ مختلفاً بدوره عن دماغ كل قرد سبق أن درسه دارت. الدماغ الأمامي بدا كبيراً وبارزاً بحيث غطّى الدماغ الخلفي، فكان أقرب إلى دماغ الإنسان ومع ذلك لم يكن بشريا كاملاً بالتأكيد. لا بد أنه كان حلقة وصل بين القرد والإنسان.

بحث دارت بحمية خلال الصندوق علّه يعثر على جمجمة تطابق هذا الدماغ، فيمكنه بعدها تركيب وجه على هذا المخلوق. لحسن حظه، عثر على حجر كبير يحتوي على انخفاض احتله قالب الدماغ تماماً. وقف دارت متسمراً في ممر داره الخارجي وهو يمسك بقالب الدماغ والصخرة الحاوية على الجمجمة لفترة طويلة من الزمن بحيث تأخر عن حفل الزفاف الذي حرص على حضوره.

قضى دارت الأشهر الثلاثة اللاحقة وهو يقشّر بتأن وصبر المادة الصخرية التي غطّت الجمجمة الحقيقية، مستعملاً إبر الخياطة الحادة لزوجته. قبل يومين من عيد رأس السنة، ظهر وجه طفل للعيان، تاماً ومزوَّداً بطقم كامل من أسنان الحليب وأضراس نهائية لا تزال في طور الانبثاق. لقد عادت جمجمة ودماغ تاونغ، إذن، إلى طفل بدائي شبيه بالبشر.

كتب دارت لفوره مقالا إلى مجلة *Nature* أو «الطبيعة» واصفاً اكتشافه للشبه البشري البدائي early humanoid، ومظهراً فيه كيف أن تركيب ارتباط الدماغ والحبل الشوكي قد دلّ بشكل واضح على انتصاب الطفل على قدميه أثناء المشي. نادى دارت باكتشافه لـ«حلقة الوصل المفقودة» التي أظهرت الكيفية التي تطوّر بها الإنسان من القردَة في السهل الإفريقي.

لم يكن المجتمع العلمي بالمتأثر ولا بالمقتنع إزاء وصف دارت. بقي جميع علماء أوربا مشككين في صحته إلى أن اكتشف الاسكتلندي المرموق روبرت بروم Robert Broom جمجمة إفريقية ثانية عام 1938م ساند بها اكتشاف سلفه دارت ورسَّخه.

حقائق طريفة: آمن داروين بأن أشباه البشر humanoids ظهرت أول ظهور لها في إفريقيا. لم يصدِّقه أحد لخمسين عاماً، حتى كشف دارت الستار عن جمجمته الشهيرة عام 1924م.

نظرية الكَمّ

Quantum Theory

سنة الاكتشاف 1925م

ما هذا الاكتشاف؟ نظام رياضي يصف سلوك العالم الدون ذري وصفاً دقيقاً

من المكتشف؟ ماكس بورن Max Born

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

في العشرين سنة الأولى من القرن العشرين، أحدث الاكتشاف المذهل للعالم الدون ذري ضجة كبيرة في علم الفيزياء. قبل زمن بعيد، حيث الميكروسكوبات لم تكن من القوة ما يمكّن الباحثين من مشاهدة الذرة، استعمل العلماء المبادئ الرياضية لجس العالم الدون ذري للإلكترونات والبروتونات ودقائق ألفا وبيتا.

قدَّم العديد من الباحثين المشهورين أمثال ألبرت آينشتاين، فيرنر هيزنبرغ، ماكس بلانك، باول ديراك وآخرين نظريات لشرح هذا الفرع العلمي الجديد والغريب. ولكن دون جميع فطاحل العلم هؤلاء، حظي الرجل الرزين البسيط الذي يُدعى ماكس بورن بشرف اكتشاف نظرية كميّة موَّحدة وصفت العالم الدون ذري بشكل نظامي ورياضي.

كانت هبة ماكس بورن للعالم عبارة عن حقل جديد شاسع من الدراسة نسميه «ميكانيكا الكم»، يُعد أساساً لجميع علوم الفيزياء الذرية والنووية الحديثة وميكانيكا الحالة الصلبة. إنه بفضل من ماكس بورن يمكننا الآن أن نصف عالم الجسيمات الدون ذرية وصفاً كميّاً من نوعه.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

نشر آينشتاين نظريته النسبية العامة في عام 1905م. هكذا، وطوال آخر عام ونصف من دراسته الجامعية، عاش طالب الرياضيات بجامعة غوتنغن والبالغ من العمر خمساً وعشرين سنة ماكس بورن Max Born، عالماً يضج بأعاجيب وتطبيقات ومكامن النظرية الجريئة والثورية لأينشتاين.

و هو يعاني مرارة خيبة الأمل لعجزه عن إيجاد منصب بعد التخرج يتسنى له من خلاله

إتمام دراساته حول العالم الدون ذري، عاد بورن أدراجه إلى بيته ليعمل وحيداً في غرفة تفوح منها عبق ذكريات الطفولة والصبا، وعلى طاولة استعملها يوماً ما لتأدية واجباته البيتية. فقضى ماكس بورن عامين كاملين وهو يحاول تطبيق تعاليمه الرياضية على مسائل النسبية الدون ذرية كما وُصفت في نظرية آينشتاين، توَّجهما باكتشاف طريقة مبسَّطة وأكثر دقة لحساب الكتلة الضئيلة للإلكترون.

نشر بورن تقريراً بملاحظاته تلك، وحظي وراءها بمنصب مستديم في جامعة غوتنغن. ولكن لم ينقض أسبوعان على مباشرته بعمله، حتى تبَّخر المنصب بين يديه من جديد. فعرج بورن على بيته ثانية من أجل سنة أخرى كاملة من الدراسة المستقلة وتقرير ثانٍ يصف مراجعة منه للتطبيقات الرياضية لنسبية آينشتاين، قبل أن يُمنح منصباً تدريسياً بالجامعة المذكورة.

على أية حال، كان التمويل البحثي الوحيد في الجامعة مخصصا لدراسة الطاقة الاهتزازية في البلورات. مثقلاً بخيبة أمل جديدة وشعور بالإقصاء عن فرصة ثمينة لاقتناص تركيب الذرة، بدأ بورن بدراسته عن البلورات. على مر خمسة أعوام، قام بورن ومعاونَين له بجمعٍ وإنماءٍ وتقطيعٍ (إلى شرائح وتدية برِّقة الورق) ودراسةٍ وقياسٍ وتحليلٍ للبلورات.

في عام 1915م، انتقل بورن إلى جامعة برلين للعمل مع عملاق الفيزياء ماكس بلانك Max Planck. كان بلانك وأينشتاين في معمعة سباقهما لفك طلاسم العالم الدون ذري وفهم ألغازه. ومن جانبه أتى بورن بتفوقه الرياضي وفهمه للبلورات لمعاونة هذين الرجلين في مجهودهما الجهيد. لقد كانت تلك حالة كلاسيكية ليكون أخيراً في المكان المناسب بالوقت المناسب وبالخلفية المناسبة.

تكاثرت النظريات المقدَّمة لشرح السلوك الخاص من نوعه للجسيمات الدون ذرية. لكن لم يتمكن أحد من تقديم الحسابات التي تثبت وتصف هذه النظريات، فخيَّمت المسألة بلغزها الدفين على أعظم العقول وأنبغها في عالم العلوم لمدة تضاهي العشرين عاماً.

خَطَر على بال بورن بأن ما شاهده الفيزيائيون من تعقيد واضطراب في ظواهر الكَمْ الخاصة بالإلكترونات يشابه إلى حد كبير سلوك البلورات التي درسها لمدة خمسة أعوام مضت.

و في عام 1916م، باشر بورن بتطبيق ما تعلَّمه عن البلورات على المسألة العددية الجسيمة والمعقدة التي أحاطت بالجسيمات الدون ذرية. فمدَّ هذا العمل بالأدوات الرياضية

المتاحة أقصى حدود تمددها، ممتدا بدوره على مر تسع سنوات من العمل الـــدؤوب علـــى السبورات ودفاتر الملاحظات والمساطر الحاسبة.

و أخيراً في عام 1925م، أنهى بورن عمله عن الـــ Zur Quantenmechanik أو «عن ميكانيكا الكَمْ»- العبارة التي لم تُستعمل قط من قبل. انفجر هـــذا التقريـــر بعمـــق الوسط العلمي، مرسياً الأساسيات التي تحدَّث عنها آينشتاين وبلانك وديراك ونيلز بـــور وهيرمان منكوفسكي وهايزنبرغ وآخرون، بطريقة رياضية واضحة. كما فـــسّر ووصـــف العالم الدون ذري المدهش بشكل صائب وسليم.

أصبح«ميكانيكا الكَمْ» اسماً لعالم جديد من الدراسة يركّز على وصف الظواهر الدون ذرية وصفاً كميّاً، ويشغل فيه ماكس بورن منصب المؤسس.

حقـائق طريفـة: في عالم الكَمْ الغريب، لا تُطبَّـــق العديـــد مـــن قوانيننـــا «الاعتيادية». هناك، تتواجد الأجسام (كالإلكترونات) بانتظام في مكـــانين مختلفين بالوقت ذاته، دون الإخلال بأي من قوانين الكَمْ.

الكون المتمدد

Expanding Universe

سنة الاكتشاف 1926م

ما هذا الاكتشاف؟ الكون في حالة تمدد. تتحرك ملايين المجـرات تحرُّكـاً خارجياً بعيداً عن مركز الكون، وإلى الأبد
من المكتشف؟ إيدوين هابل Edwin Hubble

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يُصنف الاكتشافان التوأمان لهابل (هنالك العديد من المجرات في الكون- ليست درب التبانة فقط- وبأن جميع تلك المجرات تنتقل خارجاً، ممددة بالكون) ضمن أهم الاكتشافات الفلكية بالقرن العشرين. غيّر هذان الاكتشافان نظرة العلم إلى الكون ومكاننا فيه تغـييراً جذريا، كما ويمثل عمل هابل أول تقييم دقيق لحركة النجوم والمجرات.

اكتشاف أن الكون يتوسع ويتغير إلى الأبد سمح للعلماء لأول مرة بالتفكير في ماضي الكون، فقاد مباشرة إلى اكتشاف الانفجار الكبير ونشأة الكون، وكذلك مفهوم جديـد للزمن ولمستقبل الكون.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1923م، كان إيدوين هابل Edwin Hubble ذلك الفلكيَ الطويل القـوي العريض المنكبين في الثالثة والثلاثين، الذي فرض نفسه، قبل عشرة أعوام تقريباً، ملاكمـاً محترفاً على حلبة علم الفلك. ففي عام 1920م، تم توظيـف هابـل لتكملـة وتـشغيل التلسكوب الجبار ذو المائة إنش لمرصد جبل ويلسون بكاليفورنيا- أعظم تلسكوب بالعالم.

بمطلع القرن العشرين، كان من المعتقد أن الكون يحوي مجرة واحدة- درب التبانـة- إضافة إلى نجوم مبعثرة وسُدُم تنعطف حول حوافها. قرر هابل أن يـستعمل التلـسكوب العملاق ذا المائة انج لدراسة بضعة من هذه السُدُم، وأختار الأندروميـدا Andromeda أول هدف له- فتوصَّل إلى أهم اكتشافين فلكيين في القرن العشرين.

أظهرت القدرة العالية لهذا التلسـكوب العملاق لهابل أن الأندروميدا ليست سحابة

من الغاز (كما كان معتَقداً)، بل عنقوداً كثيفاً من ملايين النجوم المنفصلة! فقد بدت أكثر وكأنها مجرة منفصلة بحد ذاتها.

بعدها حدد هابل مواقع بضعة من النجوم القيفاوية Cepheid stars ضمن الأندروميدا. القيفاويات نجوم نابضة، تُعتبر ضربة نبضها مقياساً للكمية المطلقة من الضوء المنبعث عن النجم. فبقياس سرعة نبضها وكميتها الظاهرية من الضوء، يستطيع العلماء أن يحددوا البعد المضبوط للنجم.

تقع الأندروميدا على بعد 900000 سنة ضوئية عنا، وهذا ما أثبت لهابل بأنها مجرة منفصلة– فهي من البعد بحيث لا يمكن أن تكون جزءاً هدبياً من درب التبانة.

في غضون ستة أشهر، كان هابل قد درس وقاس لثمانية عشر سُدُماً أُخر. كانت جميعها مجرات منفصلة ضمن مدى خمسة إلى مائة مليون سنة ضوئية عن الأرض. انصدم الفلكيون لدى معرفتهم بأن الكون من الكبر بحيث يحتمل أن يحوي آلافاً من المجرات المنفصلة.

لكن كانت تلك لا تزال البداية مع هابل. فقد لاحظ بعدها انزياحاً أحمر دائماً خلال دراسته للضوء المنبعث من هذه السُدُم البعيدة.

سبق للعلماء أن اكتشفوا أن كل عنصر (الهيليوم، الهيدروجين، الأركون، الأوكسجين...الخ) كان دائماً ما يبعث بالطاقة ضمن نظام مميَّز من ترددات معينة تدل على تواجده. فلو عملوا تصويراً طيفياً (جدولاً من الطاقة المشعة بكل تردد على حدة) للضوء المنبعث من النجم، فإن خطوط الجدول كانت ستخبرهم أي من العناصر موجودة في النجم وبأية كميات نسبية.

وجد هابل جميع الخطوط الطيفية الشائعة للهيليوم والهيدروجين ومثيلاتهما من العناصر الموجودة اعتياديا في نجم ما، لكنها كانت على ترددات أقل بقليل من الترددات الطبيعية. وهو ما يسمى بالانزياح الأحمر نظراً لانزياح لون ترددات الضوء المرئي عند تقليلها نحو الأحمر. ولو زيِّد تردده، فإن اللون ينحرف نحو الأزرق (انزياح أزرق).

خلال العامين التاليين، أجرى إدوين هابل اختبارات شاقة على العشرين مجرة التي اكتشفها. وجد بأن كل واحدة منها (عدا الأندروميدا) كانت تتحرك بعيداً عن الأرض،

وما أضاف على غرابة الأمر أنها كانت تتحرك بعيداً عن بعضها البعض كذلك. فكل مجرة درسها كانت تتباعد باستقامة نحو الفضاء المفتوح بسرع تتـــراوح بـــين 800 إلى 50000 كم/ثا!

إذن، يتمدد الكون ويكبر في الحجم كل ثانية بينما تتسابق المجرات بعيداً*. إنه لـــيس بالشيء الساكن الذي لا يتغير منذ بداية الزمن، بل في كل لحظة يختلف الكون عن كل ما كان عليه في السابق.

بهذا، اكتشف ايدوين هابل أعظم اكتشافين فلكيين في القرن العشرين**.

حقائق طريفة: نظراً لأن الكون يتمدد، فإن كل مجرة في الوجود تتحرك بعيداً عن مجرتنا درب التبانة– عدا واحدة. تتحرك الأندروميدا، أقـــرب جاراتنا، على مسار تصادمي مع درب التبانة. لا تقلق! فالتصادم لن يحدث لبضعة ملايين من السنين.

---

* كان قد سبق لأينشتاين أن تنبأ على ضوء نظريته النسبية العامة بأن الكون ليس بالساكن، بل إمـــا في حالة تمدد أو تقلص. لكنه رفض تصديق معادلاته بنفـــسه، وابتكـــر مـــا أسمـــاه الثابـــت الكـــوني **cosmological constant** للتخلص من هذه المعضلة. عندما سمع آينشتاين عن اكتشاف هابـــل المفضي بتمدد الكون، اعترف بأن تلاعبه بمعادلاته كان «الخطأ الأفدح في حياته»– المترجم.

** رغم ذلك، فشل هابل في محاولاته لإقناع لجنة نوبل في إدراج الفلك ضمن الفروع المعتمـــدة لمـــنح الجوائز، والتي حصرها السير ألفريد نوبل في خمسة، هي: الطب أو الفـــسلجة، الأدب، الكيميـــاء، الفيزياء، والسلام (ثم أضيف الاقتصاد عام **1968**م من قِبل بنك السويد). بعد وفاته بفترة وجيـــزة، اقتنعت اللجنة في إدراج الفلك ضمن فرع الفيزياء، وبالتالي ضاعت على هابل جائزة نوبل– كمـــا ضاعت جثته بعد وفاته عام **1953**م، إذ لم يقم له أي مأتم ورفضت زوجته الكشف عن مصير جثته– المترجم.

مبدأ اللادقة

Uncertainty Principle

سنة الاكتشاف 1927م

ما هذا الاكتشاف؟ من المستحيل معرفة مكان وحركة جسيم أولي (كالإلكترون مثلاً) في آن واحد

من المكتشف؟ فيرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

اكتسب فيرنر هايزنبرغ شهرة عالمية لاكتشافه مبدأ اللادقة، الذي يفيد باستحالة تحديد كل من مكان وزخم (حركة) جسيم أولي في الوقت ذاته طالما أن الجهد المبذول لتحديد أحدهما سيغيِّر من الثاني بطرق لا يمكن التنبؤ بها. كانت هذه النظرية المحورية بمثابة نقطة انعطاف كبرى في حقل العلم، فللمرة الأولى لم يعد ممكناً قياس ومراقبة العالم بدقة وكمال. بنقطة معينة، أظهر هايزنبرغ أنه كان على العلماء أن يخطوا للوراء ويأخذوا بالمعادلات الرياضية التي تصف العالم عن ثقة.

أوهن مبدأ اللادقة لهايزنبرغ كذلك من مكانة تمتعت بها نظرية «السبب والنتيجة»* على مر أكثر من 2500 سنة، بوصفها اللبنة الأكثر أساسية والتي لا نقاش عليها في منظومة البحث العلمي. فعلى مستوى جسيم أولي، كان لكل سبب احتمال ثابت واحد فقط لاستحداث تأثير ما متوقع.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

فاتحاً صندوق البريد بمنزله الكائن بهيلغولاند- ألمانيا في ذلك اليوم الخريفي من عام 1926م، وجد فيرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg رسالة من الفيزيائي الشهير ماكس بلانك. تلألأت أحرف الرسالة في عيني هايزنبرغ وهي تصف مديح كاتبها وإعجابه

---

* نظرية السببية **causality** التي جاء بها أرسطو والتي تفيد بضرورة العلاقة بين حدث (يدعى السبب) وآخر يترتب عليه مباشرة (يدعى الأثر أو النتيجة). عمل عليها وطور فيها العالم ماكس بورن سنة **1949**م- المترجم.

بتقرير الأخير الذي قدَّم فيه مفهوم «ميكانيكا المصفوفات matrix mechanics». لقد كانت تلك خامس رسالة مُبْارَكة يتلقاها من فيزيائي مشهور خلال ذلك الأسبوع.

كانت كل رسالة من جانبها هتف بميكانيكا المصفوفات لهايزنبرغ وتتحدث عن «واسع إمكانياها». فقد دعاها أصحاب الرسائل بـ«الجديدة والمثيرة» وكذلك بـ«العظيمة القيمة».

لكن هذه الرسائل كلها لم تشف من الشعور العميق بالقلق والاضطراب الذي اضطرم في نفس هايزنبرغ. فهناك، مدفوناً تحت ركام معادلاته المصفوفية، عثر هايزنبرغ على ما اعتقد أنه بمثابة حد قاسٍ للعلم. توجس عميق هدَّ أسس المعتقدات العلمية لهايزنبرغ، إذ لو ثبتت صحة هذه الفكرة القائمة، لكانت تلك المرة الأولى التي يقال للعلم فيها: «من الاستحالة أن تكون دقيقاً»، أو أنه قد وصل جداراً يستحيل عليه ارتقاؤه.

كان الجدال الأكبر في الفيزياء آنذاك دائراً حول شكل الذرة. هل كانت عبارة عن كرة من البروتونات محاطة بأغلفة من جسيمات الإلكترون، كما نادى بذلك نيلز بور، أم هل كانت الإلكترونات حقاً موجات من الطاقة تسري حول النواة المركزية، كما افترض آخرون؟ ارتأى هايزنبرغ أن يغض الطرف عن هذه التضاربات النظرية وأن يبدأ بما كان معروفاً– عندما تُهيَّج الإلكترونات (مهما كانت)، فإها تحرر كموماً من الطاقة بترددات خاصة مميّزة. قرر هايزنبرغ أن يقيم معادلات لوصف وتوقع الحاصل النهائي، أي الخطوط الطيفية لهذه الطاقة المشعة.

لجأ هايزنبرغ إلى تحليل المصفوفات matrix analysis لمساعدته على اشتقاق معادلاته بمصطلحات كالتردد والموقع والزخم، إلى جانب طرق دقيقة للتحكم بها رياضياً. فجاءت معادلاته بنتائج جيدة، ولكنها بدت غريبة وصعبة التطبيق.

مشككا بقيمتها، أرسل هايزنبرغ بنسخة عن التقرير النهائي (قبل أن يقدم على حرقه تقريباً) إلى شخص طالما درس معه ووثق فيه، وولفغانغ باولي Wolfgang Pauli. أدرك باولي في الحال قيمة عمل صاحبه هايزنبرغ وأعلَمَ الفيزيائيين الآخرين بأمره.

عاد اكتشاف هايزنبرغ – ميكانيكا المصفوفات– بشهرة فورية على صاحبه. ولكن كان هايزنبرغ قد ضاق ذرعاً بما حدث عند إكماله لحساباته المصفوفية، التي أظهرت إمكان تأثير قيمة موقع جسيم ما على القيمة المستعملة لزخمه (حركته)، والعكس بالعكس.

بينما لم يكن التعامل مع عدم الدقة جديداً من نوعه، ولكن كان جديداً عليه أنه كلما عرف مصطلحاً بشكل أفضل، كلما قلل ذلك من دقة معرفته بالآخر. فبتحديده للموقع بشكل أحسن، قلّ تحديده للزخم، وكلما زادت دقته في تحديد للزخم، قلّت معرفته بالموقع.

اكتشف هايزنبرغ مبدأ اللادقة مصادفةً، فكان الاكتشاف الكاسح الذي حطّم التصور بعالم حتمي وكامل التقدير. على حين غرة، أحاطت حدود متينة مقدرة العلم على القياس والملاحظة. وللمرة الأولى، تواجدت مواقع لا يمكن للعلماء ارتيادها، وأحداث لا يمكنهم رؤيتها أبداً. أصبح «السبب والنتيجة» «سبباً وفرصة بالنتيجة»، فطُعن التوجه الأمثل إلى دراسة الفيزياء في الصميم، وغُيِّر إلى الأبد. أما البحث فقد أصبح أكثر تعقيداً في وقت فُتحت فيه أبواب ودروب جديدة للفهم والتقدم.

منذ ذلك الحين، ومبدأ اللادقة لهايزنبرغ يعتبر أساساً موّجها للبحث الجسيمي على اتساعه**.

حقائق طريفة: كانت الدروس المفضّلة إلى فيرنر هي الرياضيات والفيزياء والدين، ولكن كانت درجاته ممتازة بكل المواد في المدرسة. في الحقيقة، كانت قابلياته الرياضية من القوة بحيث كان يعلّم أحد أصدقاء العائلة يدرس الحساب في الجامعة. كان ذلك عام 1917 م، عندما لم يكن هايزنبرغ قد تعدى السادسة عشرة من عمره.

** في الحقيقة، عمم هايزنبرغ مبدأه المدهش على الطبيعة أيضاً، مما أضفى عليه وعلى ميكانيكا الكم بعداً فلسفياً مثالياً، على خلاف الفلسفة الواقعية التي آمن بها معاصروه – وعلى رأسهم آينشتاين. ففي عالم هايزنبرغ، لم يعد المراقب (المجرِّب) حيادي الموقف موضوعياً، بل جزءاً من الواقع المراقَب. أو بالأحرى الواقع هو ما يُراقب و يُلاحظ دون كيان مستقل خارج الإدراك البشري. فلا حركة موضوعية للإلكترون حول النواة ولا قمر موجود إن لم ينظر إليه أحد، لكن دائماً مع احتمال العكس أيضاً. في هذا التناقض تكمن فلسفة اللادقة، والتي كان آينشتاين ونظريته النسبية من أشد خصومها. معروف عن آينشتاين قوله: «الكبير (يقصد الله) لا يلعب النرد»، فحاول طوال حياته الإتيان بنظرية موحدة (للنسبية والكم) ولكن دون أن يوفق في مسعاه، لتظل النظريتان في تنافر دائم إلى يومنا هذا– المترجم.

سرعة الضوء

Speed of Light

سنة الاكتشاف 1928م

ما هذا الاكتشاف؟ السرعة التي ينتقل بها الضوء- ثابت عالمي (عام)

من المكتشف؟ ألبرت ميكلسون Albert Michelson

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

بأواخر القرن التاسع عشر، كان اكتشاف سرعة الحقيقية للضوء يحظى بالقليل من الأهمية نظراً لتفرد الفلكيين باستعمال هذا الرقم (تقاس المسافات عبر الفضاء بالسنوات الضوئية light-years أو – المسافة التي يقطعها الضوء في مدة سنة واحدة). وطالما كانت قياساتهم مجرد مقاربات بأية طريقة أُخذت، فقد قبلوا الخطأ بنسبة 5% (أو حتى 10%) من قيمة سرعة الضوء.

جاء بعدها ألبرت آينشتاين ليقدِّم معادلته الطاقية–المادية الشهيرة، طا = ك س^2، التي رفعت من أسهم سرعة الضوء (س) في الحال–باعتبارها ضرورية في عدد ضخم من الحسابات– وقفز اكتشاف قيمتها الحقيقية إلى قمة الأولويات. أصبحت سرعة الضوء إحدى أهم قيمتين ثابتتين في الفيزياء برمته*، واستُعظم الخطأ فيها بنسبة 1% (أو حتى 0,1%)، فأصبح غير مقبول فجأة في حسابات الفيزياء.

لكن كانت هنالك عقبات جمة في طريق اكتشاف السرعة الحقيقية للضوء- سرعة أكبر من أن تقيسها أية ساعة كانت أو يتقصاها أي جهاز كان. ابتكر ألبرت ميكلسون بضع أجهزة دقة جديدة وكان، بعد خمسين عاماً من المحاولات المتكررة، أول إنسان يقيس سرعة الضوء بدقة وإحكام. منح هذا الاكتشاف صاحبه أول جائزة نوبل تُعطى لفيزيائي أمريكي**.

---

* لعل الآخر هو ثابت الجذب العام لنيوتن أو ثابت بلانك – المترجم.

** على أية حال، حصل ميكلسون على جائزة نوبل في الفيزياء عام **1907**م، أي على سابق محاولاته واكتشافاته في مجال البصريات (خصوصاً تجربة ميكلسون–مورلي الشهيرة، التي دحضت مفهوم الأثير) – المترجم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان هذا مثالاً لاكتشاف يعتمد على ابتكار تكنولوجيا ومعـــدات جديـــدة- تمامـــاً كاعتماد غاليليو على ابتكار التلسكوب في اكتشافه لأقمار الكواكب الأخرى.

في عام 1928م، كان العجوز ألبرت ميكلسون Albert Michelson (74 عامـــاً) يكافح للقيام بآخر محاولة لقياس سرعة الضوء واكتشاف القيمة الحقيقة لــ(س) في معادلة آينشتاين الشهيرة. كان قد سبق له أن صمم وموَّل وأنجز العديد من المحاولات علـــى مـــر خمسين عاماً فائتاً. أما هذه المرة، فقد عقد ميكلسون عزمه على قياس سرعة الضوء بخطأ لا يتعدى 0,001%. تلك القيمة ستكون من الدقة ما يوافيها بأغراض الحـــسابات الهامـــة للفيزياء النووية.

قبلها بأربع سنوات، استعان مايكلسون بصانع الجيروسكوب*** المـــشهور، إيلمـــر سبيري Elmer Sperry، ليطوِّر على المعدات المتوفرة لقياساته. والآن في عـــام 1928م، كانت ثالث وآخر دفعة من التطويرات قد أُجريت على المعدات، ممثَّلة باسطوانة ذات ثمانية أضلع تم تحميلها تواً في صندوق شحن محشو جيداً، ليصعد بها على الطريق الترابي الـــوعر المؤدي إلى قمة جبل بالدي بكاليفورنيا- مكان اختبارات ميكلسون.

لم تكن التجربة التي عمل ميكلسون على تصميمها بالمعقدة. إذ أنار ضوءاً على هـــذه الاسطوانة الصغيرة المزوَّدة بمرآة، بينما تدور بسرعة عالية بفعل محرِّك (اخترعـــه ســـبيري أيضاً) بمقدوره الحفاظ على سرعة مضبوطة للدوران. في نقطة ما عند اســـتدارتها، كانـــت المرآة ستصطف تماماً لعكس هذه الحزمة الضوئية باتجاه مرآة مقوَّسة ساكنة بآخر الغرفـــة. على أية حال، كانت المرآة الدائرة ستعكس الضوء على المرآة الساكنة لجزء صغير جداً من الثانية قبل أن تواكب دورانها بعيداً عن هذه نقطة.

و هكذا حصلت هذه المرآة المعلقة بالحائط الخلفي للغرفة على نبضات قصيرة من الضوء من كل وجه من أوجه المرآة الدائرة. انعكست كل نبضة من خلال عدسة تركيزية، لتخـــرج عبر فتحة في الجدار وتنطلق لمسافة 22 ميلاً إلى جبل سان أنطونيو. هناك، ارتدت بعد ارتطامها بمرآة، لتعبر من خلال عدسة تركيزية ثانية فتعود مباشرة إلى جبل بالدي. هنا، وقعـــت نبـــضة الضوء على مرآة الجدار الخلفي من جديد، وأخيراً انعكست راجعة إلى الاسطوانة الدائرة.

*** الجيروسكوب **gyroscope** هو جهاز لقياس الاتجاه أو الحفاظ عليه، طبقا لمبادئ الـــزخم الـــزاوي- المترجم.

رغم أن كل نبضة من الضوء كمّلت رحلة الأربعة والأربعين ميلاً هــذه بأقــل مــن 4000/1 من الثانية، إلا أن الاسطوانة كانت تدور بعض الدوران في وقت رجــوع كــل نبضة ضوئية من جبل سان أنطونيو، فانعكس الضوء الراجع عن المرآة الدائرة وارتطم ببقعة من جدار الكوخ. وبقياس الزاوية من الاسطوانة لهذه البقعة، تمكّن ميكلسون من تحديــد المسافة التي دارت بها الاسطوانة في الوقت الذي أكملت فيه نبضة الضوء رحلتها، والذي مكنّ ميكلسون بدوره من تحديد السرعة التي انتقل بها الضوء.

بينما يبدو كل شيء بسيطاً في هذه التجربة، إلا أنها عنت أعواماً من العمل لتحــسين المعدات الضرورية لإجرائها. فقد صنع سبيري ضوءاً أفضل يستطيع الانتقال 44 ميلاً، كما صنع محرِّك دفع أكثر دقة بحيث يعلم ميكلسون بالضبط السرعة التي كانــت الاســطوانة الصغيرة تدور بها في كل مرة.

صمم سبيري عدسات تركيزية ملساء أكثر، وكذلك اسطوانة أفــضل مــزوَّدة بمــرآة أحسن- بحيث لا تتمايل أو تتشوه جوانبها المرآتية بفعل القوى الهائلة للدوران عالي السرعة.

بمجرد تشغيل ميكلسون للمحرّك والضوء، انطلق السيل الضوئي خارجــاً إلى جبــل سان أنطونيو ومن ثم رجع، ارتطم بالاسطوانة الدائرة وسقط على الجدار البعيد- كل هذا بأسرع من تدارك البصر.

من سرعة دوران الاسطوانة وموقع تلك الإشارة على الحائط، حسب ميكلسون سرعة الضوء لتكون 186284 ميلاً للثانية- مخالفا التقدير الحديث بــ 2 ميل/سا فقط، وهو خطــأ أقل من 0,001%****. بفضل هذا الاكتشاف، تمكّن العلماء في حقول الفيزيــاء والفيزيــاء النووية وفيزياء الطاقة العالية من الاستمرار بحسابات أدت إلى الطاقة والأسلحة النووية.

حقـائق طريفـة: منتقلة بسرعة الضوء، تستطيع سفينتك السفر من نيويورك إلى لوس أنجلوس***** 70 مرة بأقل من ثانية واحدة، أو يمكنك الاستفادة من هــذه الثانية الواحدة لتقوم بسبع رحلات ونصف حول الأرض بمستوى خط الاستواء.

**** تبلغ سرعة الضوء في الفراغ حسب التقدير الحالي 299792458 م/ثـا بالـضبط، أي حـوالي 300000 كم/ثا كأقرب تقدير – المترجم.

***** حوالي 2451 ميل (3944كم). وهي ذات المسافة بين بغداد و جزائر العاصمة، أو بيروت والرباط تقريباً- المترجم.

البنسلين

Penicillin

سنة الاكتشاف 1928م

ما هذا الاكتشاف؟ أول مضاد حيوي متوافر تجاريا

من المكتشف؟ ألكسندر فليمنغ Alexander Fleming

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

أنقذ البنسلين حياة ملايين من الناس- عشرات الألوف خلال الحرب العالمية الثانية وحدها. بوصفه أول مضاد حيوي يحارب البكتيريا والعدوى بنجاح، اعتُبر البنسلين علاجاً إعجازياً لعديد من الأمراض القاتلة المتفشية في أوائل القرن العشرين.

أوجد البنسلين ذخيرة جديدة بالكامل من الأدوية في جعبة الأطباء لمحاربة المرض والعدوى، وفتح الباب على مصراعيه لعوائل وأجيال جديدة من أدوية المضادات الحيوية. استهل البنسلين الصناعة الرائجة والواسعة للمضادات الحيوية وأعلن عن عصر جديد من الطب.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1928م، مُنح ألكسندر فليمنغ Alexander Fleming، الإسكتلندي المولد والبالغ من العمر سبعة وأربعين عاماً، منصب رئيس البايوكيميائيين بمستشفى سانت ماري بلندن، ومُنح معه مختبراً في الدور السفلي مدسوساً خلف غرفة الغلاّية boiler room.

كونه المختص بعلم البكتيريا ضمن هيئة موظفي المستشفى، قام فليمنغ باستزراع البكتيريا في صفائح زجاجية مدورة صغيرة لأغرض الدراسة والتجارب. وباستعمال كميات مجهرية من البكتيريا (عادة ما جُمعت من المرضى)، كان فليمنغ يستزرع ما يكفي من كل من هذه الأنواع البكتيرية لتحديد سبب المرض والطريقة الفضلى لمحاربة العدوى. أطباق صغيرة من البكتريا القاتلة من النوع المكوَّر العنقودي staphylococci والمكوَّر العقدي streptococci والمكوَّر الرئوي pneumococci كانت مصفوفة ومُعَنْوَنة على طاولة المختبر الوحيدة الممتدة على طول مختبر فليمنغ.

كانت العفون تشكل الضرر البالغ الأوحد لسير عمل فليمينغ بالمختبر. كان مختبر فليمينغ متناوباً بين كونه مفتوحا أمام تيارات الهواء الخارجي ومغلقاً بإحكام بحيث لا تغيير في تهويته، وذلك اعتماداً على حالة الطقس ومستوى نشاط وعمل الغلاّية في الغرفة المجاورة. كانت تهويته الوحيدة تأتي من نافذتين على مستوى أرضي تتفتحان على حدائق المستشفى. فكانت نسائم المساء تنفث بالأوراق والغبار وأنواع كثيرة من العفون الهوائية خلال هاتين النافذتين. لقد بدا مستحيلاً منع العفون من الانجراف إلى الداخل وبالتالي تلويث معظم البكتريا التي حاول فليمينغ استزراعها.

في الثامن من أيلول (سبتمبر) من عام 1928م، غاص قلب فليمينغ حسرة عندما أدرك أن طبقا معتبراً من البكتيريا المكوَّرة العنقودية الصافية (و المميتة) قد دمَّره عفن أخضر غريب. لا بد أن العفن كان سابحا في الهواء ودخل الطبق في وقت ما مبكر من مساء اليوم الفائت وبدأ يتضاعف من حينها. فقد غشي العفن الأخضر نصف الطبق الآن .

نخر فليمينغ وتنهَّد أمام هذا الحدث– ثم فجأة، تسمَّر في مكانه. فحيث نما هذا العفن الأخضر، اختفت البكتيريا المكوَّرة العنقودية ببساطة، بل وحتى البكتيريا على بعد سنتمترين من العفن بدت على غير عادتها شفافة ومعلولة.

أي نوع من العفن أمكنه أن يحطِّم واحداً من أكثر أنواع بكتيريا تلاحماً وضراوة وفتكاً على وجه الأرض؟ لم يعرف الإنسان مادة يمكنها أن تحارب المكوِّرات العنقودية بهكذا نجاح!

استغرق فصل واستزراع العفن الأخضر القاسي أسبوعين اثنين، ليتعرف فليمينغ على: *Penicillium notatum*. وخلال شهر من الزمان كان قد اكتشف أن العفن يفرز مادة تقتل البكتيريا، فسمّاها *Penicillin* أو «البنسلين».

خلال تجارب أطباق الاستزراع، اكتشف فليمينغ أن البنسلين يمكنه أن يقضي بسهولة على جميع البكتريا المميتة المعروفة – المكوِّرات العنقودية، المكوِّرات العقدية، المكوِّرات الرئوية، بل وحتى الأشد ضراوة من الجميع، عصَّيات الخناق bacilli of diphtheria. البكتيريا الوحيدة التي حاربها البنسلين ولكن دون أن يتمكن من القضاء عليها، كانت البكتيريا الضعيفة والحساسة المسببة للأنفلونزا*.

* المقصود هنا بكتيريا الهيموفيلس ***Haemophilus influenzae***– المترجم.

قضى فليمينغ ستة أشهر في تجريب البنسلين على الأرانب للتأكد من سلامة الـــدواء للاستعمال البشري، قبل أن يصرِّح عن اكتشاف عفنه المعجزة الذي حملته أنسام المـــساء الخريفية عبر النافذة المفتوحة لمختبره. كان ذلك في أواخر عام 1929م.

على أية حال، كان البنسلين بطئ النمو صعبه. كان يعمل الأعاجيب في تأثيره ولكنه كان متوفرا بكميات من القلة ما حد من فوائده العملية. جاء عام 1942م بالفرج، حـــين قامت الباحثة البريطانية دوروثي هوجكن Dorothy Hodgkin بتطوير عملية جديدة، تدعى تصوير البلورات بالأشعة السينية X-ray crystallography، لفـــك تركيـــب جزيئة البنسلين. فقد استغرقت خمسة عشر شهراً واستهلكت آلافاً من صور الأشعة السينية للجزيئات في بلورة البنسلين لتتعرف على كل من الخمس والثلاثين ذرة في جزيئة البنسلين الواحدة. حازت الدكتورة هوجكن على جائزة نوبل عام 1964م لقاء عملها ذاك.

تمكّن الطبيبان الأمريكيان هوارد فلـــوري Howard Florey وإرنـــست تـــشاين Ernst Chain من استعمال خريطة هوجكن لإنتاج جزيئات البنسلين صناعياً وبإنتـــاج جماهيري واسع النطاق بدأ عام 1943م. احتفاءً بمجهودهما، مُنح فلوري وتـــشاين جـــائزة نوبل في الطب عام 1945م مناصفة مع ألكسندر فليمينغ، مكتشف البنسلين**.

حقائق طريفة: كان الباحثون الأمريكيون في بيوريا بولاية إلينوي أول من استطاع تطوير الإنتاج التجاري للبنسلين، حيث اتضح أن اثنين من الأطعمة المفضَّلة لدى فطر البنسلين هما سلالة من الذُرة المحلية لإلينـــوي وشمامات عفنة أعطيَت من قِبل سوق في بيوريا. ساعدت هذه القواعد الغذائيـــة البـــاحثين على زيادة إنتاجهم للبنسلين من 400 مليون إلى أكثر من 650 (بليون) وحدة في الشهر.

** معروف عن فليمينغ أيضاً اكتشافه عام **1922**م لأنزيم اللايـــسوزايم **lysozyme** الـــذي يهـــاجم البكتيريا الموجبة لصبغة غرام وذلك بتحليل مكونات جدرانها– المترجم.

المادة المضادة

Antimatter

سنة الاكتشاف 1929م

ما هذا الاكتشاف؟ المادة المضادة هي عبارة عن جسيمات من ذات كتلة وتركيب البروتونات والإلكترونات، ولكن بشحنة كهربائية معاكسة

من المكتشف؟ باول ديراك Paul Dirac

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

غالباً ما تُشغَّل سفن الفضاء في قصص الخيال العلمي بمحركات من المادة المضادة، كما هي القنابل المستقبلية مصممة حول المادة المضادة*. مع هذا، لست أنت ولا أي شخص قابلته في حياتك قد رأيتم حتى جسيماً واحداً من المادة المضادة، فهي ليست على شكل قطع يمكن التقاطها، بل بهيئة جسيمات دون ذرية منفردة وسائبة.

يعد الكثيرون باول ديراك أعظم فيزيائي نظري بريطاني منذ أيام نيوتن. كان ديراك أول من تنبأ بالتواجد الضروري للبوزيترونات والبروتونات المضادة، أو المادة المضادة. بسَط مفهوم المادة المضادة طريقاً رحبةً جديداً من البحث والفهم للفيزياء، وأصبح اكتشاف ديراك للمادة المضادة بمثابة إطار نظري لفيزياء الجسيمات الدقيقة. يستطيع علماء الكون والفيزياء اليوم التطبيق والتمديد بمفاهيم الفيزياء الكمّية والديناميكا الكهربائية للكَمْ وميكانيكا الكَمْ، مدينين بجزء كبير من هذا لاكتشاف ديراك.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كونه خجولا، انطوائياً وكتوماً بطبعه، لم يحقق طالب الفيزياء بجامعة كامبردج البالغ من العمر إحدى وعشرون سنة باول ديراك Paul Dirac من الصداقات ما حققه من شهرة واسعة في النبوغ الرياضي.

---

* لعل من أهم التطبيقات الحية للمادة المضادة هو جهاز الأشعة المقطعية بالانبعاث البوزيتروني Positron Emission Tomography (PET) الحديث الاستعمال في الطب لأغراض تصوير أعضاء الجسم – المترجم.

في عام 1923م، كانت نظريات النسبية وميكانيكا الكَمْ قد أُرسيت بشكل جيد، ولكن نطاقاها وتطبيقاها المضبوطة ومعانيها لم تكن كذلك، في واقع الأمر. ميكانيكا الكَمْ، دراسة النظم التي هي من الصغر بحيث تتفتت إزاءها الفيزياء النيوتنية، كانت مبنية على افتراض أن المادة الدون ذرية تسلك كلا السلوكين- الجسيمي (الدقائقي) والموجي. كانت التناقضات والتطبيقات المتضاربة لهذا الافتراض والرياضيات المستعملة لمحاولة وصفه، تجرُّ الفيزياء نحو كارثة حقيقية.

خلال سلسلة من الجهود البحثية والتقارير المفصلية الدقيقة التي كشفت عن الكثير من البراعة والدهاء، بدأ ديراك بشق طريق له إلى هذه المتناقضات، جالباً الوضوح والمنطق لما بدا في السابق حالة من الشك المضطرب. فقد طوَّر على الطرق المعرَّفة في «معادلات إيديغنتون» لحساب سرعة الجسيم، وحلَّ مخالفات التغاير covariance في صيغة التردد لنيلز بور.

خلال دراسته العليا، نشر خمسة تقارير مهمة وحوَّل بتركيزه على المسألة الأكثر العمومية لتوحيد ميكانيكا الكَمْ (القوانين التي تقود العالم المصغَّر للجسيمات الأولية) مع النسبية (القوانين التي تقود العالم المكبَّر لقوى الجذب الكوكبي والعام). من أجل عمله الأخير هذا، استعان ديراك بقابليته الهندسية والتصميمية لقبول واستعمال مقاربات عندما لم تكن الحسابات أو القياسات المضبوطة ممكنة أو موجودة. مكّنت هذه الموهبة ديراك من المغامرة إلى مناطق تحليل جديدة كان النقص في قياسات مضبوطة لها سبباً لتوقف من سبقه من الباحثين عن المضي إليها.

كان معظم عمل ديراك على مستوى الرياضيات المتقدمة في دراساته هذه، فقد استعمل نتائج عدد من الدراسات المختبرية التي أُجريت من قِبل باحثين آخرين لغرض فحص وبرهان معادلاته ونماذجه الرياضية.

خلال تكملة أطروحته في الدكتوراه والسنوات الخمس الأولى من عمله كباحث بجامعة كامبردج، كافح ديراك جاهدا لحل التنافر الظاهري بين هاتين المنظومتين الكبريين من التفكير والتحليل. بحلول عام 1929م، أدرك ديراك بأن حساباته تطلّبت وجوب تواجد عدد من الجسيمات الدون ذرية لم يتم العثور عليها ولا التفكير بها قط في السابق. فلأجل أن تعمل المعادلات التي طوَّرها وفحصها استناداً على نتائج مختبرية، كان يجب أن يتواجد

طقم كامل من الجسيمات الجديدة، تماثل الجسيمات المعروفة كتلة وتركيباً ولكن تعاكسها في الشحنة الكهربائية.

كانت البروتونات والنيوترونات معروفة حينذاك. استنتج ديراك بأن جسيمات سالبة الشحنة ومن نفس الكتلة لا بد أن تكون متواجدة أيضاً. ثبت تواجد هذا البروتون المضاد، أو المادة المضادة، بعد ذلك بخمسة وعشرين عاماً.

على نفس الشاكلة، استنتج ديراك بأن الإلكترون لو كان موجوداً، فلا بد من وجود جسيمات موجبة ومتعادلة الشحنة بنفس الكتلة أيضاً (البوزترون والنيوترينو على التوالي). تم الجزم بوجود البوزترونات بعد عامين فقط، أي في عام 1932م، أما النيوترينوات فقد تم التعرف عليها قطعاً بمنتصف السبعينات من القرن المنصرم، ولكن دون التأكد من كتلتها إلى حين العمل الذي أجراه باحثون يابانيون بهذا الخصوص، وذلك عام 1998م.

هكذا اكتشف ديراك تواجد المادة المضادة وأثبت بأن الجسيمات التي نراها ونمسُّها ونتعامل معها، ما هي إلا نصف الأنواع من الجسيمات التي تقطن كوننا الفسيح. فبعمل كهذا، حرّك ديراك عجلة العلم أقربَ إلى رؤية دقيقة للعالم الفيزيائي.

حقائق طريفة: عندما تتحول المادة إلى طاقة، فإن جزءاً يتبقى دوماً– أي يمكن فقط تحويل قسم من المادة إلى طاقة. لكن هذا ليس صحيحاً بالنسبة للمادة المضادة. فعندما تصطدم المادة المضادة بالمادة، فإن نسبة 100% من كل منهما تتحول إلى طاقة قابلة للاستثمار. غرام واحد من المادة المضادة يمكنه أن يحمل من الطاقة الكامنة ما يعادل حمولة 1000 من البراميل الخارجية لمكوك فضائي**.

** تقريباً لفهم لغز المادة المضادة، فلنتخيل صفيحة معدنية حارة في مصنع للقطع النقدية (طاقة). فعندما نستنبط قطعة نقدية من هذه الصفيحة، فإننا سنحصل على قطعة نقدية وثقب في الصفيحة، يمكن أن نسميه «القطعة النقدية المضادة».

هذا مشابه لما يحدث عند تحويل الطاقة إلى مادة (حسب معادلة آينشتاين طا =ك س^2 الآنفة الذكر في الكتاب). فقد أظهرت تجارب عدة بأنك تقدر فقط على صنع زوج من كل من الجسيم و صورته المرآتية التي تسمى «الجسيم المضاد».إذ لم يسبق لأحد أن لاحظ إنتاجاً صافياً من الجسيمات أو مضاداها.

النيوترون

Neutron

سنة الاكتشاف 1932م

ما هذا الاكتشاف؟ جسيم دون ذري يقع داخل نواة الذرة بنفس كتلة البروتون ولكن دون شحنة كهربائية.

من المكتشف؟ جيمس تشادويك James Chadwick

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

هُتف باكتشاف النيوترونات علامةً بارزة من علامات العلم في القرن العشرين. فأولاً، أكمل هذا الاكتشاف فهمنا لتركيب الذرات. وثانياً، نظراً لكون النيوترونات عديمة الشحنة كهربائياً، فقد غدت الجسيمات الأكثر أهمية لإحداث تصادمات وتفاعلات نووية ولاستطلاع تركيب وتفاعل الذرات*. استعملت النيوترونات من قِبل إرنست لورنس* Ernest Lawrence بجامعة كاليفورنيا في بيركلي لاكتشاف عدد من العناصر الجديدة، كما وكانت ضرورية لخلق الانشطار النووي والقنبلة الذرية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

منذ اكتشاف وجود عالم دون ذري (عام 1901م)، لم يتم العثور سوى على الجسيمين المشحونين كهربائياً–البروتون والإلكترون. أفترض العلماء أن هذين الجسيمين قد كوَّنا جميع الكتلة للذرات كلها.

لكن كانت هنالك مشكلة. فلو كانت الذرات مؤلفة من بروتونات وإلكترونات، فإن البرم spin لم يكن ليُجمع بشكل صحيح. فكرة أن لكل جسيم دون ذري «برماً»

---

* يرينا هذا المثال مظهراً آخر من مظاهر هذا اللغز العجيب. فصنع الجسيمات و الجسيمات المضادة يأخذ من الطاقة، بينما دمجهما مع بعض يحرر الطاقة (تسمى عملية الإبادة **annihilation**)– فبوضع القطعة النقدية في الثقب من جديد، نستعيد الصفيحة المعدنية الأصلية – المترجم.

* إرنست لورنس (1901-1958م): فيزيائي أمريكي، اشتهر باختراعه واستعماله للسيلكوترون (نوع من مسرِّعات الجسيمات) بدءاً بالعام 1929م، وعمل على فصل نظير اليورانيوم بمشروع مانهاتن السري. حاز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1939م– المترجم.

اكتشفها جورج الينبيك George Uhlenbeck وصـــامويل غودسميـــت Samuel Goudsmit بألمانيا عام 1925م. فعلى سبيل المثال، تمتلك ذرة النيتروجين كتلـــة ذريـــة قدرها 14** (لكل بروتون واحد كتلة تساوي 1) ولنواها شحنة موجبة تساوي +7 (لكل بروتون واحد شحنة مساوية لـــ +1)، فمن أجل موازنة هذه الـــشحنة الموجبـــة، تـــدور 7 الكترونات (لكل منها شحنة −1) حول النواة. لكل بطريقة ما، كان يجـــب أن تتواجـــد 7 إلكترونات أخرى داخل النواة لإلغاء الشحنة الكهربائية الموجبة للبروتونات السبعة الأخرى.

هكذا، يجب أن يقيم 21 جسيماً (14 بروتونا و7 إلكترونات) ضـــمن كـــل نـــواة نيتروجين، لكل منها برم يساوي إما +2/1 أو −2/1. نظراً لأن 21 هو رقم فردي مـــن الجسيمات، فبغض النظر عن كيفية ارتباطها ببعض، سيتوجب على البرم النهائي لكل نواة نيتروجين أن يتضمن 2/1. لكن البرم المقاس لنواة النيتروجين كان مساوياً لعدد صـــحيح كامل. لم يوجد نصف، إذن ! كان هنالك خطأً ما.

افترض إرنست رذرفورد وجوب تواجد بروتون−إلكترون وبأن لنواة النتروجين سبع بروتونات وسبع بروتون−إلكترونات (لأن 14 عدد زوجي للجسيمات وبالتالي يصح البرم النهائي). لكن هذه كانت مجرد نظرية، لم يكن لصاحبها فكرة عن كيفية تقصي البروتون−إلكترون طالما أن الطريقة الوحيدة المعروفة لتقصي جسيم مـــا كانـــت بتقـــصي شـــحنته الكهربائية.

فلنوجه دفة الحديث الآن إلى جيمس تشادويك James Chadwiak. من مواليـــد انجلترا عام 1891م، كان تشادويك واحداً من كوكبة العلماء الذين تعلمـــوا فيزيـــاءهم الذرية في ظل العالم رذرفورد. بمنتصف عشرينيات القرن العـــشرين، أصـــبح تـــشادويك مهووساً بالبحث عن البروتون−إلكترون الغير المشحون لرذرفورد.

في عام 1928م، بدأ تشادويك باستعمال البيريليوم في تجاربه−إذ أن للبيريليـــوم ذرة صغيرة بسيطة بكتلة تساوي 9. فقصف البيريليوم بجسيمات ألفا المنبعثة مـــن البولونيـــوم (عنصر مشع) أملاً بأن بعض ذرت البيريليوم ستُضرب بجسيمات ألفا وتنفلق إلى جسيمتي ألفا جديدتين (لكل منها كتلة 4).

** المقصود 14,00674 وكذ amu، ولكن حذفت الأرقام الضئيلة ما بعد الفارزة وكذلك الوحـــدات على سبيل الاختصار وتسهيلاً للفهم − المترجم.

فلو حصل ذلك، فإن جسيمتي ألفا هاتين كانتا ستحملان جميع الشحنة الكهربائية لنواة البيريليوم الأصلية، ولكن ليس جميع كتلها. إذ كانت وحدة ذرية واحدة للكتلة (كتلة بروتون واحد) ستبقى من الكتلة الأصلية للبيريليوم المساوية لتسعة. لكن هذا الجسيم الأخير الذي هو بحجم البروتون والناتج عن تحطيم نواة البيريليوم سيكون عديم الشحنة، ولهذا لا بد أن يكون البروتون-إلكترون (و المسمى *neutron* «نيوترون» الآن) الذي همَّ تشادويك باصطياده.

لو نجحت هذه التجربة، سيكون بمقدور تشادويك أن يصنع سيلاً من النيوترونات جنبا لجنب مع دقائق ألفا. على أية حال، استغرق تشادويك ثلاث سنوات للعثور على طريقة يتقصى بها وجود أية نيوترونات صنعها بهذه التجربة. فأخيراً، ارتأى استعمال حقل كهربائي قوي للحرف بجسيمات الألفا المشحونة كهربائياً. كانت الجسيمات الغير المشحونة فقط ستستمر بتدفقها المستقيم على طريق الهدف.

لفرحته، وجد تشادويك بأن «شيئاً ما» كان لا يزال يدكُّ في قطعة شمع البارافين التي وضعها في نهاية طريق الهدف، فضربه بقوة كافية لتسبب تفكيك جسيمات ألفا جديدة سائبة من الشمع. لا بد أن هذا «الشيء ما» قد نتج عن تصادم جسيمات ألفا مع ذرات البيريليوم، ولا بد أنه بحجم البروتون على الأقل (ليفكك جسيمات ألفا جديدة سائبة في تركيب البارافين)، ولا يمكن أن تكون له شحنة كهربائية طالما أنه لم ينحرف بفعل الحقل الكهربائي. باختصار، لا بد أن يكون نيوتروناً.

حقاً، اكتشف تشادويك النيوترون، وأثبت وجوده. لكن كان رذرفورد من سمّاه «نيوتروناً» *neutron*، دلالة على شحنته الكهربائية المتعادلة.

حقائق طريفة: إن للنيوترون حوالي 1840 أضعاف كتلة الإلكترون. وبما أن للنيوترون ذات كتلة جاره البروتون، فإن البروتون يكبر الإلكترون بحوالي 1840 ضعفاً أيضاً.

تركيب الخلية

Cell Structure

سنة الاكتشاف 1933م

ما هذا الاكتشاف؟ أول خريطة دقيقة للتراكيب الداخلية المتعددة التي تؤلف خليةً حية

من المكتشف؟ ألبير كلود Albert Claude

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كان ألبير كلود أول عالم يطوِّر إجراءات لعزل ودراسة التراكيب الموجودة ضمن الخلية الحية كلاً على حدة، وكان من خطط للتنظيم الداخلي للخلية وفعاليتها وعديد مكوناتها .إنه يستحق فعلاً أن يُعد مؤسساً لعلم أحياء الخلية الحديث.

رغم أنه لم يتخرج قط من مدرسة إعدادية، إلا أن كلود راد استعمال أجهزة الطرد المركزي والمجهر الإلكتروني لدراسة الخلايا الحية.فاكتشف عدداً من المكوِّنات الرئيسية للخلايا، تعرَّف على وظيفة تراكيب خلوية ثانوية أخرى، وأرسى الأساس لحقل جديد برمته من علم أحياء الخلية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

لم يكن ألبير كلود Albert Claude قد أكمل ثالث سني دراسته الابتدائية عندما أُجبر على ترك المدرسة واللحاق بوظيفة في مصنع. بعد إنهائه لخدمته العسكرية مع الجيش البلجيكي خلال الحرب العالمية الأولى، تمكّن كلود من دراسة الطب مستفيداً من قرار الحكومة البلجيكية بالسماح لأي جندي راجع من الخدمة بالدخول للجامعة – رغم أن جامعة لييج لم تكن توّاقة جداً لقبول جندي أمّي.

خلال دراساته، قدم كلود مشروعاً بحثياً مطولاً إلى معهد روكفيلر للبحث الطبي في نيويورك. تمت الموافقة على المشروع فعلاً، وهاجر كلود إلى أمريكا.

كان مشروع كلود البحثي يتعلق بدراسة الخلايا السرطانية الحية واكتشاف كيفية انتقال المرض، وهو ما تطلّب منه فصلاً للخلايا إلى مكوناتها المختلفة لغرض دراستها على

حدة– عمل لم يكن لأحد سابق عهد به. لم تكن هنالك من إجراءات معهودة أو معدات تمكّنه من القيام بهكذا عملية، فاضطر كلود أن يستجدي معدات بدائية من محلات تصليح المكائن والجزارة. استعمل طواحين اللحم التجارية لسحق نماذج من الأورام السرطانية للدجاج كان قد علّقها داخل وسط سائل، كما استعمل جهاز طرد مركزي عالي السرعة لفصل الخلايا المطحونة إلى أجزاءها الثانوية المختلفة – الأثقل في القاع، والأخف على القمة. أطلق كلود على هذا الإجراء *cell fractionation* أو «عملية تجزيء الخلية».

كانت لديه الآن أنابيب اختبار مملوءة بطبقات من مادة لزجة وطينية. ونظراً لأن أحداً لم يسبق له أن قام بفصل الأجزاء الثانوية للخلية من قبل، استغرق كلود بضع سنوات من الدراسة والممارسة العملية لتحديد ماهية كل طبقة مفصولة ولتعلم كيفية استنباط عامل الورم بنجاح من بقية الخلية. أظهر التحليل الكيميائي لكلود أن هذا العامل هو الحامض الرايبي النووي RNA، أحد المكونات المعروفة للفيروس. لقد كان ذلك أول دليل عن تسبب الفيروس بالسرطان.

قرر كلود المضي قدماً باستعمال عملية التجزيء الخلوي لدراسة الخلايا الطبيعية هذه المرة. عاملاً لكامل الوقت في مختبره على مر السنوات الستة اللاحقة ومستعملاً جهاز طردي مركزي وميكروسكوباً عالي القدرة، تمكّن كلود من فصل ووصف نواة الخلية (التركيب الذي يحوي الكروموسومات)، العُضَيّات (تراكيب مجهرية متخصصة موجود ضمن الخلية بمثابة أعضاء لها)، المايتوكوندريا (حبيبات عصوية الشكل صغيرة تحدث فيها عمليات التنفس الخلوي وإنتاج الطاقة) والرايبوسومات (مواضع صنع البروتينات ضمن الخلية).

كان كلود يخطط عالماً جديداً لطالما وقع ضمن حدود الحزر والتخمين من قبل. مع هذا، كانت رؤيته محددة أيضاً بقوة الميكروسكوب الذي استعمله، إلى أن تمكّن معهد روكيفيلر من استعارة المجهر الالكتروني الوحيد في نيويورك، والذي استعمله الفيزيائيون خلال محاولتهم للتوغل إلى عالم الذرة. كان هذا المجهر قادراً على تكبير الأشياء بمليون ضعف للحجم الأصلي.

على أية حال، كان ذلك المجهر أيضاً يقوم بقصف النموذج بحزمة قوية من الإلكترونات فتحطم الخلايا الحية الهشة. قضى كلود ثمانية عشر شهراً آخر في استحداث

وسائل ناجحة لتحضير وحماية النماذج الخلوية بحيث تتحمل تأثير المجهر الإلكتروني. وأخيراً في أواسط عام 1943م، حصل كلود على أولى الصور الحقيقية للتركيب الداخلي للخلية، صور لم تكن في الحسبان قبلاً. وفي عام 1945م، نشر كلود دليلاً بعشرات من التراكيب والوظائف الخلوية الجديدة لم تعرف قط في السابق.

إن أسماء العلماء الذين كسروا حاجز الذرة واكتشفوا ما وقع في داخلها (أمثال ماري كوري، ماكس بورن، نيلز بور، إنريكو فيرمي وفيرنر هايزنبرغ) معروفة كلها ومبجَّلة. أما ألبير كلود فقد اخترق لوحده حاجر الخلية ليكتشف ويوثّق كوناً من التراكيب الثانوية والفعاليات في داخلها.

حقائق طريفة: هنالك أكثر من 250 نوعاً مختلفاً من الخلايا في جسمك. مع هذا، فقد بدأت جميعاً ونمت من خلية واحدة فقط– البيضة المخصبة.

وظيفة المورِّثات (الجينات)

The Function of Genes

سنة الاكتشاف 1934م

ما هذا الاكتشاف؟ اكتشف بيدل كيف تؤدي المورِّثات وظيفتها الحيوية

من المكتشف؟ جورج بيدل George Beadle

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

المورِّثات (الجينات) مرصوفة على امتداد الكروموسومات وتتضمن أوامر تتعلق بعمل ونمو الخلايا المنفردة. لكن كيف لجزيئة من الحامض النووي (مورِّثة) أن توجه خلية معقدة بأكملها لتتصرف وتؤدي عملها بطريقة معينة؟ تكفَّل جورج بيدل بالرد على هذا السؤال المهم للغاية وحسَّن كثيراً من فهمنا للوراثة التطورية.

اكتشف بيدل أن كل مورثة توَّجه لتكوين إنزيم معين، فتقوم الإنزيمات بعدها بدفع الخلية إلى العمل. لقد سدَّ اكتشافه ثغرة عظيمة في فهم العلماء للكيفية التي تُترجم بها مخططات الـDNA إلى وظائف بنائية لهيكل الخلية، كما حوَّل العمل الخلّاق لبيدل تركيز حقل البحث الوراثي برمته من الدراسة النوعية للصفات الخارجية (التشوهات والاختلالات الجسدية الناتجة عن المورِّثات المطفَّرة) إلى الدراسة الكيميائية الكمية للمورثات وأنماط إنتاجها للإنزيمات.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان يُفترض لجورج بيدل George Beadle أن يصبح مزارعاً، فقد ولد في مزرعة خارج واهو بولاية نبراسكا عام 1903م. لكن دراسة جامعية له عن وراثة الحنطة الهجينة فتنته بسحر علم الوراثة، فأصبح شغف حياته.

في عام 1934م، بعمر الواحد والثلاثين، استلم بيدل وظيفة مع قسم الوراثة بجامعة ستانفورد، وذلك بناء على رغبة من الجامعة المذكورة بتطوير دراستها عن الوراثة البايوكيميائية. كان علم الوراثة يبلغ الثمانين من عمره آنذاك ، ولكن الوراثة البايوكيميائية، أو الدراسة الجزيئية للكيفية التي توَّلد بها الإشارات الوراثية وتُرسل إلى

الخلايا، كانت لا تزال في عمر الرضاعة. انضم بيدل إلى المتخصص بالأحياء المجهرية إدوارد تاتوم Edward Tatum لمحاولة تحديد الطريقة التي تتمرن بها المورِّثـات علـى تأثيرهـا المتحكّم.

كان عملهما بسيطاً من حيث المفهوم، ولكنه كان مملاً للغاية ومتطلّباً للكثير من الجهد والصبر من حيث الواقع العملي. بدأ الاثنان عملهما بالبحث عن أبسط نوع حياتي يمكنهما العثور عليه، فوجدا ضالتهما في عفن الخبز (نيوروسـبورا) *Neurospora*، مـستغلَين تركيب مورثته البسيط والمعروف من قبل. استزرع بيدل وتاتوم أطباقاً فوق أطبـاق مـن مستعمرات النيوروسبورا في وسط زرعي مشترك، ثم قاما بعدها بقصف كـل مـستعمَرة بالأشعة السينية، التي عُرف عنها تسريعها لحدوث الطفرات الوراثية. خـلال 12 سـاعة، استمرت معظم المستعمرات بالنمو طبيعياً (لم تُطفَّر)، بينما ماتت قلة منها (بفعـل الأشـعة السينية) وعاشت قلة ثمينة أخرى فقدت القدرة على النمو (أعاقت الطفرات الوراثية نموها الآن).

كانت المجموعة المثيرة للاهتمام هي هذه الثالثة بالذات، لأنها عانت طفرة وراثية مـا جعلت من المستحيل على العفن أن ينمو من تلقاء نفسه. الآن، لو استطاع بيدل وتاتوم أن يكتشفا ما يحتاجه هذا العفن المطفَّر لنموه بالتحديد ، لعرفا ما قامت به مورِّثتها المطفَّرة من وظيفة قبل تحطيمها.

وضع بيدل وتاتوم أبواغاً منفردة من إحدى هذه المستعمرات داخل ألف من أنابيـب الاختبار المختلفة، يحتوي كل منها على الوسط الزرعي القياسي ذاته. ولكل أنبوب من هذه الأنابيب، أضافا مادة واحدة يُفترض أن العفن الأصلي كان قادراً على صنعها لنفسه ولكن دون أن يقدر العفن المطفَّر على إنتاجها. بعدها انتظرا مراقبَين أياً منها سيبدأ بالنمو– لـو حدث نمو لأي منها أصلاً.

أنبوب واحد فقط بدأ بالنمو بشكل طبيعي– الأنبوب 299، ذلك الذي أضافا إليـه الفيتامين B_6. لا بد، إذن، أن الطفرة في مورِّثة العفن قد جعلت منه عـاجزاً عـن صـنع الفيتامين B_6 فشلَّ من نموه الذاتي، وهو ما يعني أيضاً أن المورِّثة الأصلية قد أنتجت شيئاً ما مكَّن الخلايا من صنع الفيتامين بنفسها. الخطوة الثانية من تجربة بيدل وتاتوم كانت تقـضي بالبحث عن ذاك الشيء.

وجد بيدل بأنه عندما أزال إنزيمات معينة أو سدَّ عملها ، توقَّف العفن عـــن النمـــو. ووفق تماماً في إرجاع هذه الإنزيمات إلى المورِّثات، مظهِراً بأن تلك المورثة المطفَّرة من أنبوب 299 لم تعد قادرة على إنتاج ذلك الإنزيم المعين. خلال هذه التجربة اكتشف بيدل كيـــف تؤدي المورِّثات عملها، فقد اثبت بأن المورِّثات تنتج إنزيمات وبأن الإنزيمات توَّجه الخليـــة كيميائياً لأداء وظيفتها. حقاً، لقد كان ذلك اكتشافاً بثقل جائزة نوبل*.

حقائق طريفـة: لدى الإنسان 25000 إلى 28000 مورثـــة. المورِّثـــات المختلفة توَّجه كل جانب من جوانب نموك ومظهرك، وبعـــضها لا يعمـــل على الإطلاق. تسمى هذه الأخـــيرة بالمورِّثـــات المتنحيـــة recessive genes، وتنتظر بفارغ الصبر إمرارها إلى الجيل التالي، حيث تحظى بفرصة للسيادة وبالتالي التحكم بشيء ما.

* تبسيطا لمفهوم «المورثة أو الجين» يمكن أن نعتبرها «بروتينا مشفَّراً ضمن الـــDNA». فمعـــروف أن البروتين مؤلَّف من سلسلة من الأحماض الأمينية، وكل حامض أميني مشفَّر بثلاثة قواعد مزدوجة ضمن جزيئة DNA النواة. فلو افترضنا بروتيناً (أو إنزيماً) مؤلفاً من 100 حامض أميني، فهذا يعني أنه مشفَّر له بـ 300 قاعدة مزدوجة للـDNA. هذه القواعد الـ300 المسؤولة عن صنع ذاك البروتين ضمن كامل تركيب جزيئة الـDNA تمثل مورِّثة واحدة. فالمورِّثة، إذن، بمثابة بروتين لا يزال في رحم DNA النواة – المترجم.

النظام البيئي (الإيكوسيستم)

Ecosystem

سنة الاكتشاف 1935م

ما هذا الاكتشاف؟ النباتات والحيوانات والبيئة في مكان معين تعتمد جميعاً على بعضها اعتماداً متبادلاً

من المكتشف؟ آرثر تانسلي Arthur Tansley

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

درس العديد من العلماء على مر قرون العلاقة بين الأنواع الحياتية المختلفة وبيئتها ومناخها- بتعبير آخر، لقد درسوا عناصر علم البيئة. مهما يكن من أمر، انتظر العالم لحين 1935م ليدرك آرثر تانسلي أن جميع الأنواع الحياتية في بيئة معينة في حالة تواصل مع بعضها البعض. فالأعشاب أثّرت في آكلات اللحوم الراقية والحشرات الصغيرة التي كانت تفكك أجسام الحيوانات الميتة، والأشجار المتساقطة أثرت في الأعشاب والشجيرات.

اكتشف تانسلي أن كل كائن هو جزء من نظام مغلق متبادل الاعتماد- نظام بيئي. لقد كان هذا الاكتشاف تطوراً مهماً في فهمنا لعلم الأحياء وافتتح الحديث عن الحركة البيئية وعلم البيئة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان آرثر تانسلي الشخص الذي رأى الصورة على كبرها واكتشف بأن جميع العناصر في نظام بيئي محلي كانت تعتمد على بعضها البعض- تماماً مثل الخيوط المنفردة في شبكة محكمة الغزل، لكنه لم يكن بالتأكيد أول شخص يدرس علم البيئة.

ففي القرن الرابع قبل الميلاد، درس أرسطوطاليس وتلميذه ثيوفراسطوس Theopharstus العلاقة بين الحيوانات وبيئتها. وفي عام 1805م، نشر العالم الألماني ألكسندر فون همبولت دراساته حول العلاقة بين الأنواع النباتية ومناخها، فكان أول من وصف الـ *vegetation zones* أو «مناطق الحياة النباتية».

كان آلفريد والاس Alfred Wallace، أحد منافسي داروين، السبّاق إلى اقتراح «جغرافية» للأنواع الحيوانية (في 1870م)، رابطاً الحيوانات بمناخها وجغرافيتها. بمطلع القرن التاسع عشر، اكتشف العالم الفرنسي أنطوان لافوازيه دورة النيتروجين، التي ربطت بين النباتات والحيوانات والماء والجو ضمن دورة متبادلة العلاقة، وذلك من خلال اقتفاء كيفية دوران النتروجين في البيئة. ما احتاجه العلم كان أن يدرك شخص ما بأن جميع هذه الأنواع المنفصلة تتطابق مع بعضها مثل قطع لعبة الأوراق المقطّعة.

ولد آرثر تانسلي Arthur Tansley في عائلة ميسورة الحال بلندن عام 1871م. حصل على شهادته الجامعية في علم النبات وألقى محاضرات طوال مسيرته المهنية في كلية الجامعة بلندن وثم في جامعة كامبردج. عُرف عن تانسلي فعاليته ونشاطه في سبيل الترقية بعلم البيئة النباتية الإنجليزي ومساهمته في تأسيس المجمع البيئي البريطاني.

بأواخر العشرينات من القرن العشرين، أجرى تانسلي جرداً نباتياً واسع النطاق في إنجلترا لصالح المجمع البيئي. خلال دراسته، بدأ تانسلي بالتركيز ليس فقط على لائحة النباتات التي صمم على وضعها، ولكن على العلاقة أيضاً بين مكونات هذه اللائحة الواسعة من النباتات. أية أعشاب وجدت مع بعض؟ مع أية شجيرات وحشائش؟ أية أعشاب سكنت مروج الأراضي الواطئة؟ أي منها وجدت على سفوح الجبال المنحدرة؟ وهكذا دواليك.

بحلول علم 1930م أدرك تانسلي قصوره عن تحليل العلاقات بين النباتات تحليلاً كاملاً دون الأخذ بتأثيرات الحيوانات في نظر الاعتبار. فبدأ بالجرد والتخطيط للمواشي العديدة التي تقتات على الأعشاب. ثم سرعان ما اكتشف أن أية دراسة لهذه المواشي لن تكتمل للأسف ما لم تتضمن جرداً بآكلات اللحوم التي تحكّمت بمصائر هذه التجمعات من المواشي.

بعدها أدرك بأن عليه أن يضمِّن الكائنات المعيدة للدورات الحياتية والمحللة للأجسام الميتة (الكائنات التي تفتت المادة النباتية والحيوانية المتحللة إلى المواد الكيميائية الغذائية الأساسية للنباتات). وأخيراً، أضاف البيئة الفيزيائية (الغير العضوية) – مثل الماء، الترسبات، المناخ...الخ.

أيقن تانسلي بحلول عام 1935م بأن كل منطقة درسها كانت تمثل نظاماً محلياً مغلقاً ومتكاملاً يعمل كوحدة منفردة ويتضمن جميع الكائنات في تلك المنطقة المعنية وعلاقتها

بالبيئة الغير العضوية المحلية. لقد كان ذلك مفهوماً عظيماً ومبهراً بحق، فجميع الأنواع الحياتية مرتبطة ببعضها البعض، وما يحدث لأي منها يؤثر على الأخرى جميعاً.

الماء وضوء الشمس وبعض المواد الكيميائية الغير العضوية دخلت بدورها إلى النظام من الخارج. في حين كانت جميع الكائنات داخل النظام البيئي المغلق تقتات على بعضها، لتعبر بالطعام إلى أعلى ومن ثم ترجع به إلى أسفل الشبكة الغذائية.

اختصر ترانسلي أسم ecological system «النظام البيئي» إلى *ecosystem* أو «الإيكوسيستم». لكن لم يحظ هذا المصطلح وذاك المفهوم بالشعبية والرواج لحد عام 1953م عندما نشر العالم الأمريكي يوجين أودوم Eugene Odum كتابه *Fundamentals of Ecology* أو «أساسيات علم البيئة»، الذي شرح مفهوم النظام البيئي واستعمل مصطلح الإيكوسيستم.

حقائق طريفة: من خدمات النظام البيئي الهامة التي لا يفكر بها معظم الناس هي عملية التلقيح pollination. لولا الملقّحات كالنحل والخفافيش والدبابير، لما تواجد الآن 90% من المحاصيل الغذائية العالمية.

القوة الضعيفة و القوية

Weak and Strong Force

سنة الاكتشاف 1937و 1983م

ما هذا الاكتشاف؟ الأخيرتان من قوى الطبيعة الفيزيائية الأساسية الأربعة

من المكتشف؟ كارلو روبيا Carlo Rubbia (القوة الضعيفة) وهيديكي يوكاوا Hideki Yukawa (القوة القوية)

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لبضعة من القرون اعتقد العلماء أن قوى الجاذبية والكهرومغناطيسية تحكم الكون بأسره. بعدها وجد علماء القرن العشرين أن نوى الذرات تتألف من بروتونات موجبة الشحنة. لم لا تنفصل عن بعضها إذن، طالما أن القوى الكهربائية المتماثلة تنافر بعضها؟ والأدهى من ذلك، لم كانت بعض الذرات تتحلل إشعاعياً بشكل طبيعي دون الذرات الأخرى؟

أوجب العديد من الفيزيائيين تواجد قوتين جديدتين (قوية وضعيفة). في عام 1937م، اكتشف هيديكي يوكاوا القوة القوية، ولكن لم يحدث إلا في عام 1983م أن اكتشف كارلو روبيا الجسيمين الممثلين للقوة الضعيفة.

أكمل هذان الاكتشافان فهمنا للقوى الأربعة التي تهيمن على العالم الكَمّي المجهري وتوَّجه عناقيد المجرات جميعها. تشكل القوى الضعيفة والقوية الأساس لفيزياء الكَمْ.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

عرَّف نيوتن الجاذبية رياضياً عام 1666م، ومن جانبهم عرّف فاراداي وأورستيد وماكسويل الكهرومغناطيسية في أوائل القرن التاسع عشر. ظن العلماء أن هاتين القوتين تحكمان الكون بأسره.

على أية حال، أدرك فيزيائيو القرن العشرين أن أية واحدة من هاتين القوتين لا تقدر على الحفاظ على كيان الذرة. كان مفترضا بالتنافر الكهرومغناطيسي للشحنات المتماثلة

(البروتونات) أن يفطر النواة الذرية. لم تواجدت النـــوى والـــذرات، إذن؟ أدرك علمـــاء آخرون أن قوة ما يجب أن تكون مسؤولة عن تحلل النوى النشطة إشعاعياً.

افترض العلماء وجوب تواجد قوتين جديدتين: *strong force* أو «القوة القويـــة» (القوة التي تمسك نوى الذرة ببعض) و*weak force* أو «القوة الضعيفة» (التي تـــسبب التحلل الإشعاعي). لم يتوفر أي دليل على تواجد أي من هاتين القوتين حقيقة، ورغـــم أن العديد بحثوا في هذا المضمار، إلا أن أحداً لم يستطع تقصي أو إثبات تواجد أي منهما حتى الثلاثينات من القرن الماضي.

تبصَّر هيديكي يوكاوا Hideki Yakawa عام 1936م أنه طالما لم يُعثر قط علـــى أي من القوتين القوية والضعيفة، فإنهما لا بد تعملان على مدى أقل من قطر نواة الذرة (و هكذا، ستفلتان من التقصي خارج هذا المجال الصغير للغاية). بدأ يوكـــاوا سلـــسلة مـــن التجارب قام من خلالها بتحطيم البروتونات (نوى الهيدروجين) بالنيوترونـــات لـــيرى إن كانت نواتج التصادم ستعطيه إشارة حول الكيفية التي عملت بها القوة القوية.

لاحظ يوكاوا إنتاجاً منظما لجسيمات كبيرة (قياساً بالجسيمات الدون ذرية) قـــصيرة العمر، تدعى pi-misons أو «الباي–ميزونات» (نوع من الـــغلون *gluon*) من هـــذا التصادم. هذا ما يعني أن الباي–ميزونات كانت موجودة داخل نوى الذرات طالمـــا أنهـــا قفزت من هناك.

اقترح يوكاوا بأن الميزونات، بشكل عام، تمثل قوة الجذب المعروفة بـــالقوة القويـــة. بملاحظة أن الفوتونات (حيث تمثل القوة الكهرومغناطيسية) والتجاذبات (حيث تمثل قـــوة الجاذبية) كانت عديمة الكتلة نهائياً، اقترح بأنه كلمـــا ازدادت كتلـــة هـــذه الجـــسيمات الصغيرة، كلما قصرت المسافة التي فرضت فيها بتأثيراتها.

افترض يوكاوا أن القوة القوية القصيرة المدى أتت من تبـــادل جـــسيمات الميـــزون الكبيرة بين البروتونات والنيوترونات، واستطاع أن يصف الميزونات التي آمـــن بتمثيلـــها للقوة القوية، ولكنه دون أن يقدر على إنتاج أي منها فيزيائياً.

في عام 1947م، أجرى كل من لاتيس ومويرهيد وأوكياليني وباول تجربة على ارتفاع عال، طائرين بمستحلبات فوتوغرافية على علو 3000 متر. أظهرت هـــذه المـــستحلبات البايون، الذي خضع لجميع متطلبات جسيمة يوكاوا.

نحن نعلم الآن أن البايون هو ميزون، كلاهما نوعان من جسيمات صغيرة تدعى الغلونات، وبأن التفاعل القوي هو عبارة عن تبادل للميزونات بين الكوارك *quarks* (الجسيمات الدون ذرية التي تؤلف البروتونات والنيوترونات) *.

ثُبت أن القوة الضعيفة أصعب تأكيداً من خلال اكتشاف حقيقي. فانتظر الجميع إلى عام 1983م ليكتشف كارلو روبيا Carlo Rubbia، بالمركز البحثي الأوربي المعروف بالسيرن CERN، دليلاً لإثبات وجود القوة الضعيفة للمرة الأولى. بعد إتمامه لعمله التمهيدي خلال سبعينات القرن العشرين والذي مكّنه من حساب الحجم وخواص فيزيائية أخرى للجسيمات المفقودة المسؤولة عن حمل القوة الضعيفة، عقد روبيا وفريق السيرن العزم على إيجاد هذه الجسيمات.

بعدها اقترح روبيا بتحوير السينكروترون الكبير في مركز السيرن بحيث يمكن تحقيق تصادم بين الحزم المسَّرعة من البروتونات والبروتونات المضادة، فيؤدي إلى تحرير كميات كافية من الطاقة لتجسيم دقائق *boson* «البوسون» الضعيفة. في عام 1983م، فصلت تجاربه على جهاز الحزمة المتصادمة جسيمَين قصيري العمر، هما W وZ . تمكّن روبيا من إظهار أن هذين الجسيمين كانا الحاملين لما تسمى بالقوة الضعيفة الداخلة في عملية التحلل الإشعاعي لنوى الذرات.

أخيراً، تم اكتشاف القوى الأساسية الأربعة للطبيعة (و الجسيمات التي تحمل وتستحدث كلا من هذه القوى)، ليكتمل بذلك النموذج القياسي الذي حمل الفيزيائيين إلى القرن الحادي والعشرين.

حقائق طريفة: كان هيديكي يوكاوا أول ياباني يحظى بشرف نيل جائزة نوبل.

---

* القوة القوية سميت كذلك لأنها تفوق الجاذبية قوة بـ 10^{38}مرة. فلو رفعت جسماً يزن كغم واحد، فإنه يسلط قوة جاذبية تناسب كغم واحد. ولو أردت أن تقدر قوة سحب القوة القوية، فعليك أن ترفع 100,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 جسماً كل بوزن كغم واحد، وهو ما يفوق وزن الأرض بـ77 ترليون مرة!– المترجم.

الأيض (التمثيل) الغذائي

Metabolism

سنة الاكتشاف 1938م

ما هذا الاكتشاف؟ اكتشف كريبس السلسلة الدائرية للتفاعلات الكيميائية التي تحوّل السكر إلى طاقة داخل الخلية وتقود عملية الأيض (التمثيل) الغذائي

من المكتشف؟ هانز أدولف كريبس Hans Adolf Krebs

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تنجز العضلات الشغل لجسمك. فأنت تأكل الطعام و-بطريقة ما- يتحول إلى طاقة تحرقها عضلاتك لتتحرك. ولكن كيف؟ كيف يعمل هذا الشيء المسمى بالأيض الغذائي؟

إن عملية الأيض الغذائي في جسم الإنسان من الأهمية لفهمنا للتكوين البشري بحيث مُنحت ثلاثة جوائز نوبل للأشخاص الذين ساهموا في إفهامنا إياها. ذهبت ثالثتها لحوزة هانز أدولف كريبس، الذي فك اللغز أخيراً واكتشف كيف تؤيض أجسامنا الطعام إلى طاقة. لقد كان بحق، واحداً من أعظم الاكتشافات الطبية في القرن العشرين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

آمن عالم الفسلجة البريطاني أركيبالد هيل Archibald Hill بوجوب توليد العضلات للحرارة أثناء تقلصها. بحلول عام 1913م، استطاع أن يطوِّر طرقاً لقياس تغييرات بصغر 1000/3 من الدرجة الحرارية. وكانت دهشته كبيرة عندما اكتشف أن لا حرارة تتولد أثناء التقلص العضلي كما لم يكن هناك أي استهلاك للأوكسجين كذلك!

بعد خمسة أعوام، اكتشف الألماني أوتو مايرهوف Otto Meyerhof اختفاء المركب الكيميائي المعروف بالكلايكوجين وبالتالي ظهور حامض اللبنيك (اللاكتيك) أثناء التقلص العضلي، فأطلق على هذه العملية وصفَ *anaerobic*- وهي مشتقة من الإغريقية بمعنى «بدون هواء» أو «لاهوائي». ثم اكتشف مايرهوف أن الخلايا العضلية استعملت الأوكسجين لاحقاً لتفكيك حامض اللبنيك. كما وجد باحثون آخرون أن

إضافتهم لأي من الحوامض الكاربونية الأربعة المختلفة إلى شرائح من النسيج العضلي قد حفَّزت الأخير على امتصاص الأوكسجين.

رغم أن هذه الاكتشافات بدت مهمة، إلا أنها أحدثت من الحيرة والإرباك حول ميكانيكية عمل العضلات ما يضاهي الحلول والأجوبة التي أمدت بها، فغدت الحاجة إلى شخص ما يمنطق بين هذه الدراسات المختلفة والمربكة ملّحة أكثر من أي وقت مضى.

ولد هانز كريبس Hans Krebs عام 1900م بألمانيا، من أب يعمل جراحاً. درس الكيمياء والطب ثم توظّف لإجراء بحث في جامعة كامبردج، يتعلق بدراسة العملية الكيميائية للأيض العضلي.

بادئا بحثه عام 1937م، درس كريبس كبد الحمام والنسيج العضلي للثدي. فاستطاع أن يقيس كميات مجاميع معينة من الأحماض الناتجة عن أكسدة السكريات (تفاعلها مع الأكسجين)، يحتوي البعض على أربع ذرات كاربون لكل منها ويحوي البعض الآخر ستاً. كما لاحظ بأن هذه العملية أنتجت ثاني أوكسيد الكاربون مع الماء والطاقة.

أضافت هذه النتائج على اللبس الحاصل في الموضوع. ما شأن كل هذه المواد الكيميائية بالتأيض البسيط للسكر إلى طاقة؟ وأخيراً، لزم كريبس أول الخيط عندما لاحظ تفككا لحامض الستريك وتكوّنا له في الوقت ذاته، ثم لاحظ أن الأمر نفسه ينطبق على عدد من الأحماض الأخرى.

شيئاً فشيئاً بدأ يتضح لكريبس أن العملية كانت تعمل على شكل دورة– دورة بسبع خطوات كيميائية منفصلة. لقد بدأت بحامض الستريك، ثم أنتجت كل خطوة المركبات الكيميائية والأحماض التي احتاجتها الخطوة التالية من الدورة. وبآخر خطوة، تكوَّن حامض الستيريك من جديد، ليعيد الدورة بأكملها مرة أخرى.

تستمر هذه الدورة بلا نهاية في كل خلية من خلايانا، فتُستهلك جزيئات الكلوكوز (السكريات) التي يوفرها الدم باستمرار، لتنتج نوعين من المخلفات النهائية خلال الخطوات السبع التي تؤلف هذه الدورة: ثنائي أوكسيد الكاربون وذرات الهيدروجين الحرة. تتحد ذرات الهيدروجين هذه مع الأوكسجين ونوع من الفوسفات العالي الطاقة لتنتج الماء ومركب الـATP، المركب الكيميائي الذي يعمل عمل البطارية في خزنه لطاقة الخلية.

تدخل جزيئات السكر الدورة، ويخرج منها كل من ثاني أوكسيد الكربون والماء ومركب الـATP المنشِّط للخلايا. فبحلول عام 1938م، كان كريبس قد كشف الغطاء عن هذه الدورة الكيميائية الغريبة تعقيداً وكفاءةً بخطواتها السبعة- رغم أنها قد صُممت بشكل خاص لإتمام هدف يبدو بسيطاً للوهلة الأولى: تحويل السكريات في الدم إلى طاقة للخلايا. ما يدعو للدهشة أن كل خلية حية في أجسامنا تؤدي هذه التفاعلات المتتابعة السبعة، بتحفيز من إنزيم لكل تفاعل على حدة، وفي كل دقيقة من كل يوم. ومع هذا، تكفَّل هانز كريبس باكتشاف هذه المنظومة على تعقيدها والتوائها!

حقائق طريفة: من مفهوم نظري، يمكن لشخص متوسط الجسم أن يولِّد 100 واط من الكهرباء باستعمال مولد البايو-نانو، الذي يُعد خلية وقودية كهروكيميائية على مقياس النانو، تقوم بسحب القدرة من كلوكوز الدم بنفس الطريقة التي يولِّد الجسم بها الطاقة خلال دورة كريبس.

السيلاكانث

Coelacanth

سنة الاكتشاف 1938م

ما هذا الاكتشاف؟ نوع حي من الأسماك كان يُعتقد أنه أنقرض منذ 80 مليون سنة

من المكتشف؟ جَي. إل. بي. سميث J. L. B. Smith

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

صعِق العالم العلمي عام 1938م عند اكتشاف السيلاكانث، فقد آمن جميع العلماء بأن هذا السمك قد أنقرض من 80 مليون سنة، ولم يُعثر على أي متحجر أو أثر له في الطبقات الأكثر حداثة. قوّض هذا الاكتشاف الرأي القائل بأن المعروف من سجل المتحجرات يوثّق وصول وانقراض الأنواع على هذا الكوكب توثيقاً دقيقاً كاملاً، بل أثبت أن المحيطات العميقة تحمل ألغازاً بيولوجية لا تزال تقبع خارج حدود التخيل والاستثمار.

ما يضفي أهمية أخرى على اكتشاف السيلاكانث ليست بأقل أبداً من سابقاتها، أنه عبارة عن «متحجر حي». فبدون تغير لأكثر من 400 مليون سنة، يعتبر السيلاكانث من الأقرباء المقربين لذلك السمك الذي كان أول مخلوق يزحف خارج البحر ليستقر على اليابسة قبل مئات الملايين من السنين، فكان بذلك أول برمائي وأول مخلوق بري. هكذا، يُعد السيلاكانث واحداً من أوائل أسلافنا، كما عُدَّ هذا الاكتشاف الأهم في علم الحيوان في القرن العشرين. فهو من الإذهال ما يضاهي التعثر فوق ديناصور حي في هذا الزمان!

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في أواخر الثلاثينات من القرن العشرين، كانت مارغوري كورتيناي-لاتمير Margorie Courtenay-Latimer، البالغة من العمر اثنين وثلاثين عاماً، قيِّمة على متحف صغير في بلدة إيست لندن المينائية على جانب المحيط الهندي من جنوب أفريقيا. وكان ربان قارب الصيد من أهالي البلدة، الكابتن هيندريك غوسين Hendrick Gossen، معتاداً أن يطلعها على ما يصطاده من أسماك غريبة ومثيرة للاهتمام لدى عودته

إلى الميناء، علّها تريد إضافتها إلى مجموعة مقتنياتها في المتحف. ولكن عادة ما كانت هـذه الاكتشافات تظهر غير ذات جدوى أو فائدة.

كادت مارغوري تغلق المتحف للتمتع بعطلة عيد الميلاد في ذلـك اليـوم المـصادف للثالث والعشرين من شهر كانون الأول (ديسمبر) من عام 1938م، عندما تلّقت اتـصالاً من صديقها غوسين. لكنها لم تنو الذهاب إليه تقريباً، فقد أرادت الرجوع للبيت من أجل تغليف هدايا العيد.

على أية حال، قررت مارغوري المرور سريعاً برصيف الساحل على طريقها، حيث من المعتاد أن تُقام الأفراح في مثل هذه المناسبات بالمناطق الساحلية كبلدها. هنـاك، لم تجـد مارغوري بدا من إلقاء نظرة عابرة على صيد غوسين هذه المرة. فحالما صعدت قاربه، لفتت انتباهها زعنفة زرقاء تبرز من تحت كومة من الأسماك الشعاعية والقروش المكدَّسة على ظهر القارب. لم يسبق لها أن شاهدت هكذا لون أزرق متقزح على زعنفة سمكـة مـن قبـل، فتلهفت فعلاً من هول هذه المفارقة العجيبة.

بإزاحة الأسماك التي اعتلتها، بان لمارغوري ما وصفته كأجمل سمكة وقعت عليها عيناها على الإطلاق. كانت بطول خمسة أقدام وبلون بنفسجي فاتح على زرقة، تتخلله علامـات متقزحة.رغم أنها لم تمتلك أدنى فكرة عن ماهية هذه السمكة، إلا أن مـارغوري أدركـت جيداً أن السمكة لم تكن مثل أي شيء اصطيد في المياه المحلية من قبل. فبالإضافة إلى تلّونها الفريد من نوعه، لم ترتبط زعانف هذه السمكة بأي هيكل عظمي، بل بفصوص لحمية على جوانب جسمها، بدت وكأنها مصممة لتساعدها وتسمح لها بالزحف.

عائدة أدراجها إلى متحفها الصغير وبحوزتها هذه السمكة الثمينة، أسرعت مـارغوري في قلب صفحات المراجع المتوفرة في المكتبة، حتى وقع نظرها على صورة قادتها إلى ما بـدا لها استنتاجاً مستحيلاً. فقد شابهت تماماً سمكة تواجدت في عصور ما قبل التاريخ، انقرضت منذ 80 مليون سنة!

أرسلت مارغوري برسالة تتضمن وصفاً مفصَّلاً للسمكة إلى البروفيسور جَي. إل. بي. سميث J. L. B. Smith، أستاذ الكيمياء والأحياء بجامعة روديس، خمسين ميلاً جنـوب إيست لندن. لسوء الحظ، كان البروفيسور مغادراً حينها لقضاء عطلة عيد الميلاد ولم يقرأ

رسالتها لحين الثالث من كانون الثاني (يناير)، 1939م. حينئذ، أبرق لها البروفيسور فوراً: «مهم! حافظي على الهيكل العظمي والأعضاء والخياشيم للسمكة الموصوفة».

في هذه الأثناء، على أية حال، كانت أحشاء السمكة (و من ضمنها الخياشيم) قد رُمي بها خارجاً والسمكة قد نُصبت للعرض المتحفي. وصل سميث متحف مارغوري في السادس عشر من شباط (فبراير)، وجزم في الحال بصحة التعرُّف الغير المؤكَّد لصاحبة المتحف. لقد كان ذلك سيلاكانثاً، سمك اعتُقد أنه منقرض لأكثر من 80 مليون سنة!

لم يكن هذا الاكتشاف مهماً للاعتقاد بانقراض السيلاكانثات كل هذه المدة فقط، ولكن أيضاً لإظهار هذا النموذج الحديث أنها لم تتغير لأكثر من 400 مليون سنة!

لكن أراد سميث سيلاكانثا ثانياً كاملاً هذه المرة ليزداد يقينه بما اكتشف. فألصق إعلانات بمكافئة قدرها مائة جنيه إسترليني لقاء الإتيان بنموذج كامل، لكن دون أن يُعثر على أحد قط. لقد كانت تلك أربع عشرة سنة طويلة وشاقة حقاً قبل أن يتسلم قبطان الصيد إريك هنت Eric Hunt سيلاكانثا كاملاً من صيادي الأسماك الأصليين على جزيرة كومورو بين زنجبار وإفريقيا. كان ذلك في الحادي والعشرين من كانون الأول (ديسمبر) عام 1952م.

حمل هنت هذا السيلاكانث الكامل إلى سميث وتم تأكيد الاكتشاف فعلاً، وبالتالي نشره الأخير في كتابه عام 1956م حول الأنواع الحياتية البحرية في المحيط الهندي، فجلجل بتصور العالم. إذا تمكن كائن يبلغ من العمر 80 مليون سنة من التربص في المحيطات دون العثور عليه، ماذا بعد كان يعوم متخفياً عبر الأعماق؟ رفع هذا الاكتشاف من أسهم علم البحار وزاد من اهتمام الناس به.

منذ عام 1956م، تم العثور على أكثر من مائتي سيلاكانث في تلك المنطقة بالذات. ولكن كانت قوة ملاحظة مارغوري كورتيناي-لاتمير وواسع معرفة جَي. إل. بي. سميث ما حال دون أن يصبح هذا الاكتشاف الهائل مجرد وجبة سمك شهية أخرى*.

---

* أطلق البروفيسور سميث على السيلاكانث الاسم العلمي *Latimeria chalumnae*، تيمناً باسم السيدة لاتمير ونهر تشالومنا، حيث عُثر عليه- المترجم.

حقائق طريفة: قام الاتحاد العالمي لحفظ الطبيعة والمصادر الطبيعية مؤخرا بمسح شمل 40177 نوعاً حياتياً. من هذا المجموع، أدرج 16119 نوعاً ضمن لائحة الأنواع المهددة بالانقراض. تضمنت هذه اللائحة برمائياً من كل ثلاث برمائيات وربعاً من أشجار الصنوبر بالعالم، وكذلك واحداً من كل ثمانية طيور وواحداً من كل أربع ثدييات.

الانشطار النووي

Nuclear Fission

سنة الاكتشاف 1939م

ما هذا الاكتشاف؟ اكتشاف كيفية تجزئة ذرات اليورانيوم وإنتاج كمية هائلة من الطاقة

من المكتشف؟ ليز مايتنر Lise Meitner

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كان الانشطار النووي- تجزئة ذرات اليورانيوم لإنتاج الطاقة- واحداً من التطورات الفيزيائية الكبيرة للقرن العشرين. فقد رد على واحد من أعظم ألغاز الفيزياء في العصر كما وفتح الباب إلى العصر الذري. يُعد هذا الاكتشاف الأساس للقدرة والأسلحة النووية.

جزاء لاكتشافاتها العديدة، لقّبت ليز مايتنر بـ«العالمة الأكثر أهمية لهذا القرن». يستحق إنريكو فيرمي الشرف في العديد من الاكتشافات الكبيرة في حقل الفيزياء الذرية، ولكن شهرته تأتي خصوصاً من صنع أول تفاعل نووي ذاتي الإدامة في العالم. فبهذا وضع فيرمي اكتشاف مايتنر حيز التنفيذ العملي، فاعتُبر الأب المؤسس للقدرة النووية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان كل من ليز مايتنر Lise Meitner وأوتو هان Otto Hahn باحثين بمعهد القيصر فيلهيلم ببرلين، ألمانيا. كجزء من دراستهما للعناصر المشعة، كافح ميتنر وهان لسنوات من أجل خلق ذرات أثقل من اليورانيوم transuranic elements، فقاما بقصف ذرات اليورانيوم ببروتونات حرة. لقد بدا واضحاً بأن بعضها ستضرب النواة وتتعلق بها، منتجة عنصراً أثقل من اليورانيوم. لكن هذه التجربة لم تنجح على الإطلاق.

كان الاثنان قد فحصا طريقتهما على معادن ثقيلة أخرى، فتصرّف الكل حسب المتوقع تماماً. عمل كل شيء حسب ما تنبأت به معادلات ليز الفيزيائية- حتى وصلا اليورانيوم، أثقل عامل معروف. طوال الثلاثينيات من القرن العشرين، لم يقدر أحد أن يستنتج لم فشلت التجربة دوماً مع اليورانيوم بالذات.

لم يكن هنالك من سبب فيزيائي لعدم إمكانية تواجد ذرات أثقل، لكن باءت أكثر من مائة محاولة بالفشل في هذا السياق. كان واضحاً أن شيئاً ما يحدث في تجاربهما لم يقدرا على فهمه، فاحتاجا إلى تجربة جديدة من نوعها لتظهر لهما ما حدث فعلاً عندما قصفا نوى اليورانيوم ببروتونات حرة.

و أخيراً، خطرت لأوتو خطة تقضي باستعمال الباريوم الخامل إشعاعياً كمؤشر مستمر لتقصي وقياس تواجود الراديوم المشع. فلو تحلل اليورانيوم إلى راديوم، كان من شأن الباريوم الكشف عنه.

استهلك الثنائي ليز وهان ثلاثة أشهر أخرى بالفحوصات التمهيدية لإثبات كيفية تفاعل الباريوم مع الراديوم المشع بوجود اليورانيوم ولقياس سرع وأنماط التحلل المضبوطة للراديوم.

قبل أن يتمكنا من إنهاءها والبدء بتجربتهما الحقيقية، كان على ليز الفرار إلى السويد هرباً من الحزب النازي لهتلر لدى تسلمه سدة الحكم في البلاد. فأصبح أوتو هان وحيداً أمام إجراء تجربتهما العظيمة.

بعد أسبوعين من إتمام هان لهذه التجربة، تسلمت ليز تقريراً مطولاً يصف فشل الأخير في مسعاه. كان هان قد قصف اليورانيوم بسيل مكثّف من البروتونات لكنه لم يحصل حتى على الراديوم، بل تقصى كمية أكبر من الباريوم فقط- أكثر بكثير من الكمية التي ابتدأ بها. مذهولا بهذه النتيجة، توسَّل هان إلى ليز لمساعدته على فهم حقيقة ما جرى.

بعدها بأسبوع، وبينما كانت ليز في مشية طويلة بقبقابها الثلجي عبر ثلوج الشتاء المبكر، ومضت في ذهنها صورة خاطفة لذرات تمزق نفسها فتنفصل أجزائها. لقد كانت الصورة من الحيوية والإجفال والقوة بحيث كادت ليز أن تشعر بنبض النوى النوى الذرية وتشم رائحة كوي من كل ذرة وهي تشق نفسها في مخيلتها.

عرفت من توها أنها قد وُهبت الجواب الذي كانا يبحثان عنه. لا أبد أن إضافة بروتونات إضافية قد زعزعت من استقرار نوى اليورانيوم، فانشطرت جرائها. تجربة أخرى جديدة أثبتت أن قصف اليورانيوم المشع ببروتونات حرة أدى إلى انقسام كل ذرة يورانيوم إلى اثنتين، منتجة الباريوم والكريبتون، مع تحرير كميات هائلة من الطاقة خلال هذه العملية.

هكذا إذن، اكتشفت ميتنر عملية الانشطار النووي.

بعد أربع سنوات تقريباً، عند تمام الساعة 2:20 دقيقة من بعد ظهر يوم الثاني من كانون الأول (ديسمبر) من عام 1942م، كبس إنريكو فيرمي Enrico Fermi المفتاح الذي رفع المئات من قضبان تحكم الكادميوم الماصة للنيوترونات خارجاً من أكداس قطع الكرافيت المربوطة ببضعة أطنان من كريّات أوكسيد اليورانيوم. كان فيرمي قد كدّس 42000 من قطع الكرافيت في ملعب اسكواش واقع تحت المدرجات الغربية لميدان ستاغ، ميدان جامعة شيكاغو لكرة القدم.

لقد كان ذاك أول مفاعل نووي في العالم، وناتجاً لاكتشاف ميتنر. أما صنع القنبلة النووية عام 1945م، فقد كان التطبيق الثاني لانشطار مايتنر.

حقائق طريفة: بعد وفاة ليز مايتنر، سمي العنصر التاسع بعد المائة على الجدول الدوري للعناصر تيمناً باسمها: «ميتنريوم»*.

* صدق آينشتاين حينما قال عن مايتنر "إنها بمثابة ماري كوري بالنسبة لنا"، فقد كانت هذه المرأة مثالاً ناطقا للوفاء والكد والحب، رغم كل ما عانته من جميع من حولها- سواء من ألمانيا، من السويد، من رفقاء عملها، من لجنة نوبل، بل وحتى من أقرب أصدقائها: أوتو هان. لكن على خلاف كوري التي حازت على جائزتين من جوائز نوبل، لم تنل مايتنر أياً منها، فقد تغاضى الجميع عن دورها، وشن هان حملة هوجاء قاسية لسحب الثقة عن دور مايتنر (صاحبة الفضل الأول) في اكتشاف الانشطار النووي، فتفرد هو لوحده بالجائزة. مع ذلك، لم يُعرف عن مايتنر أي تذمر أو تشك حيال هذا الغبن، بل حافظت على صداقتها مع هان وآثرت عدم المساس بحسه رغم الألم الذي اعتصر في نفسها، كما بدا واضحاً في بعض رسائلها له. لدى الكثيرين، مايتنر وهان اسمان مترادفان، لشخصين تصادقا رغم خطوب الدهر لمدة تقارب الستين سنة، فقد ولدا عام **1878**م تفصلهما شهور قلائل، و توفيا عام **1968**م يفصلهما شهران اثنان، وحتى عنصري الهانيوم (**105**) و الميتنريوم (**109**) لم يفصلهما سوى خمس خانات على الجدول الدوري- قبل أن يتم استبدال اسم العنصر هانيوم بدوبنيوم، ولكن بقي العنصر **109** على اسمه باتفاق الجميع!- المترجم.

بلازما الدم

Blood Plasma

سنة الاكتشاف 1940م

ما هذا الاكتشاف؟ البلازما هي ذلك الجزء من دم الإنسان الذي يتبقى بعد فصل كريات الدم الحمر خارجاً

من المكتشف؟ تشارلز درو Charles Drew

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

يمكن خزن الدم الكامل خزناً سليماً لأيام قلائل. لقد عنى هذا دائماً أن عمليات إعطاء الدم يجب أن تكون من مصادر محلية وبأن تُعطى بوقت الحاجة. لم يكن بمقدور الدم السفر لمسافات بعيدة، وكثيراً ما افتقر ذوو الأنواع الغير الشائعة إلى الدم الملائم لهم خلال العمليات الجراحية، فعانوا جراء ذلك أيّما معاناة.

اكتشف درو عملية فصل الدم إلى كريات دموية حمراء وبلازما، فأمدَّ هذا الاكتشاف كثيراً بعمر الخزن للدم وأنقذ آلاف- أو ربما ملايين- الناس من الموت. أدخل اكتشاف درو بنوك الدم حيزَ الخدمة العملية، فلا تزال منظمة الصليب الأحمر تستعمل عمليته واكتشافه حتى اليوم في تنفيذ برنامجها لإعطاء الدم وخزنه.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

تُعتبر فكرة نقل الدم قديمة قدم آلاف السنين، فقد مارسها قدماء أطباء الرومان. ولكن ما فتأت هذه العملية تعاني مشكلة خطرة للغاية، ألا وهي تسببها بوفاة العديد من المرضى المتسلمين للدم. لم يستطع أحد فهم سبب حدوث هذه المشكلة لحين عام 1897م، الذي شهد اكتشاف كارل لاندشتاينر للمجاميع الدموية الأربعة (A,B,AB,O). وبحلول عام 1930م، كان باحثون آخرون قد قسّموا هذه المجاميع بدورها إلى ثمانية أنواع، وذلك من خلال التعرف على عامل الـRH لكل مجموعة (مثلاً: A^-,A^+,O^-,O^+....الخ).

بهذه الاكتشافات، أصبحت عملية نقل الدم سليمة 100% تقريباً، ولكن كان على المستشفيات الآن خزن ثمانية أنواع من الدم بغرض توفير كل ما يمكن الحاجة إليه أثناء

العلميات الجراحية. مهما يكن من أمر، فإن معظم الدم المعطى كان يُفسد وبالتالي يُرمى قبل استعماله والاستفادة منه، فكانت بعض الأنواع تستنفد ويواجه المريض خطراً كبيراً عندما يضطر لإجراء عملية جراحية بدون أخذ للدم. أصبح خزن الدم مشكلة أساسية لأقسام الجراحة والمستشفيات عموما.

ولد تشارلز درو Charles Drew في العاصمة الأمريكية واشنطن بمنتصف صيف عام 1904م. بينما كان لاعب كرة قدم أمريكي موهوباً ومشهوراً في كلية أمهيرست، اختار درو أن يدرس الطب بدلاً من لعب الرياضة.

في عام 1928م، قُبل درو للدراسة في المدرسة الطبية بجامعة مكجيل في كندا (واحدة من مدارس الطب الجامعية القلائل في قبول الطلاب السود عام 1928م). هناك، درس درو تحت إشراف الدكتور جون بيتي Dr. John Beattie، البروفسور الزائر من إنجلترا. في عام 1930م، بدأ بيتي ودرو بدراسة طرق لتمديد فترة خزن الدم السليم خارج الحدود المتواجدة آنذاك والمقدَّرة بيومين لستة. كان عمر الخزن القصير هذا قد حد كثيراً من المتوفر حينها من إمدادات دموية.

تخرج درو في عام 1935م وترك الجامعة بقليل من التقدم المحقق في هذا المجال. وفي عام 1938م، تولى منصباً بحثياً في جامعة كولومبيا بمدينة نيويورك، فاستمر في بحثه عن الدم، حيث طور تقنية للطرد المركزي سمحت له بفصل الكريات الدموية الحمراء عن باقي الدم، فأطلق على هذا «الباقي» أسم *blood plasma* أو «بلازما الدم».

سرعان ما حسم درو أن كريات الدم الحمر تحتوي على مواد فريدة من نوعها مسؤولة عن تقسيم الدم على ثمانية أنواع مختلفة، بينما تعتبر بلازما الدم عامة بالنسبة لجميع أنواع الدم وبالتالي لا تحتاج تطابقاً. إذ أتضح له أن البلازما من أي واهب تجانس أي متسلم كان، الأمر الذي أضفى عليها جاذبية خاصة لأغراض إمداد الدم.

فحص درو البلازما واظهر أنها تبقى أطول بكثير من كامل الدم، ثم أظهر بعدها أن كريات الدم الحمر المفصولة عن البلازما يمكن أن تُخزن أيضاً لأطول من الدم الكامل.

توصل درو إلى اكتشاف آخر عام 1939م يقضي بإمكانية تجفيف البلازما وشحنها لمسافات بعيدة ثم إعادة إروائها (إعادة تركيبها) من جديد بإضافة الماء إليها قبل الجراحة بقليل. فجأة، أصبح ممكنا أن يكون واهبو الدم على بعد آلاف الأميال عن متسلميه.

في عام 1940م، نشر درو أطروحته للدكتوراه، تضمَّن فيها دليله الإحصائي والطبي عن دوام البلازما لفترة أطول من كامل الدم وأسهب في شرح عملية فصل الدم إلى كريات دموية حمراء وبلازما وكذلك عملية تجفيف البلازما. أصبحت هذه المعلومات دليلاً إرشاديا لإدارة ومعالجة الإمداد الدموي الوطني. وفي عام 1941م، ابتكر درو أولى «ناقلات الدم» –شاحنات مزوَّدة بثلاجات– وساق أول حملة للتبرع بالدم (لصالح الطيارين والجنود البريطانيين).

اكتشف درو البلازما وطريقة خزن الدم بشكل سليم وللنقل البعيد، كما وخلق نظاماً عملياً لبنوك الدم وناقلاته في أغراض جمع ومعاملة وخزن وتحميل الدم إلى حيث هنالك حاجة. وأخيراً، أصبحت عمليات نقل الدم سليمة وعملية في آن واحد*.

حقائق طريفة: هل الدم كله أحمر؟ لا، فللسرطانات دم أزرق، حيث يحتوي على النحاس بدل الحديد. أما ديدان الأرض والعلقات، فإنها لها دماً أخضر اللون، سبب خضرته مادة مشتقة من الحديد تدعى كلوروكرورين chlorocruorin. كما تمتلك العديد من اللافقاريات، كنجم البحر مثلاً، دماً صافياً أو مصفرّاً.

---

* توفي درو عام 1950م (بعمر السادسة و الأربعين)، وذلك في حادث سيارة خلال ذهابه لحضور مؤتمر طبي. تقول الكثير من الروايات أن مكتشف البلازما ومبتدع طريقة نقل الدم الأكثر سلامة وتطبيقاً حتى اليوم، الدكتور ريتشارد درو، نزف حتى الموت دون أن يتلقى الدم والرعاية اللازمة من مستشفى قريب من مكان الحادث، وذلك بسبب عرقه الأسود– المترجم.

الترانزستور الشبه موصل

Semiconductor Transistor

سنة الاكتشاف 1947م

ما هذا الاكتشاف؟ المادة الشبه موصلة يمكن تحويلها، لحظيــا، إلى موصــلة خارقة

من المكتشف؟ جون باردين John Bardeen

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

نال جون باردين أول جائزة نوبل له لاكتشافه تأثير الترانزستور للمواد الشبه موصلة. معظم المواد إما أن توصل التيار الكهربائي (موصلات) أو تسد تدفق التيــار (عــوازل)، ولكن قلة منها تسمح أحياناً بتدفق بعض من التيار الكهربائي (أشباه موصلات). رغم أنها اكتشفت بأواخر القرن التاسع عشر، إلا أن أحداً لم يفطن إلى قيمة أشباه الموصلات لحــين اكتشاف باردين لتأثير الترانزستور.

لقد أصبح الترانزستور بمثابة عمود فقري لكل رقاقة أو دائــرة حــسابية واتــصالية والكترونيات منطقية بُنيت خلال الخمسين عاماً فائتاً. لقد أحدث الترانزستور ثورة في عوالم الإلكترونيات وجعل من وجود معظم القطع الحديثة من الأدوات المعدنيــة الالكترونيــة والحاسوبية الضرورية أمراً ممكنا بالفعل. لا توجد منطقة من الحياة أو العلم لم تتــأثر بهــذا الاكتشاف الوحيد تأثراً بالغاً وعميقاً.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

لقد كان جون باردين John Bardeen طفلا معجزة بحق، فقد قفز على الصفوف الابتدائية الرابعة والخامسة والسادسة وحصل على درجة الماجستير في الفيزياء بعمر الحادية والعشرين. حاصلاً على شهادة الــPh.D من جامعة هارفرد، عمل باردين على تــدريس الفيزياء بجامعة مينيسوتا لحين عام 1945م، حين تم توظيفه من قِبل مختبرات بيــل، المــصنع البحثي للاتصالات والالكترونيات العالية التقنية.

في خريف عام 1947م، ضم باردين القوى مع كل من وليام شوكلي William Shockley ووالتر براتين Walter Brattain وهما في خضم دراستهما عن الاستعمال المحتمل للمواد الشبه موصلة في الالكترونيات. كان شوكلي يتقاسم «الحلم الصناعي» بتحرير الالكترونيات من الضخامة والهشاشة وتوليد الحرارة واستهلاك القدرة العالية للأنبوبة المفرغة. ومن أجل السماح لأشباه الموصلات باستعاضة الأنابيب، كان على شوكلي أن يجعل من المادة الشبه موصلة قادرة على تضخيم وتقويم الإشارات الكهربائية. لكن، باءت جميع محاولاته بالفشل.

بدأ باردين عمله بدراسة وتأكيد صحة حسابات شوكلي وكذلك توافق نهجه مع النظرية المتفق عليها. كان حرياً بتجارب شوكلي أن تعمل، إذن. ولكن النتائج التي حصلوا عليها من استعمال الجرمانيوم (مادة شبه موصلة شائعة)، لم تتوافق قط مع النظرية.

خمّن باردين بأن تعارضاً سطحياً غير محدد على الجرمانيوم لا بد أي يكون السبب في سد تدفق التيار الكهربائي. شرع الرجال الثلاثة بفحص استجابات السطوح الشبه موصلة للضوء، الحرارة، البرودة، السوائل، وترسب الأفلام المعدنية. فعلى مناضد مختبرية واسعة، حاولوا أن يُدخلوا التيار الكهربائي بالقوة إلى الجرمانيوم خلال معادن سائلة ومن ثم خلال نقاط تلامس سلك ملتحَم.

استهلك هذا الثلاثي معظم شهر تشرين الثاني (نوفمبر) والكثير من كانون الأول (ديسمبر) من عام 1947م بمثل هذه الاختبارات، إلى أن وجدوا أخيراً بأن نقاط التلامس هذه قد عملت نوعاً ما. إذ أصبح بالإمكان إمرار تيار قوي عنوة عبر الجرمانيوم إلى قاعدة معدنية على الجانب الآخر، ولكن عوضا عن تكبير الإشارة (جَعْلِها أقوى)، فقد استهلكت هذه العملية الطاقة في واقع الأمر (جَعَلَتْها أضعف).

ثم لاحظ باردين شيئاً غريباً وغير متوقع. فقد حصل له عَرَضاً أن أخطأ في ربط أسلاكه الكهربائية، مرسِلاً تياراً مايكروياً (مصغراً) إلى نقطة تلامس الجرمانيوم. فلدى إمرار هذا تيار الضعيف جداً من نقطة تلامس السلك إلى القاعدة، فانه أحدث «ثغرة» في مقاومة الجرمانيوم لسريان التيار. لقد حوّل التيار الضعيف الشبه موصل إلى موصل خارق.

كان على باردين أن يعيد عرض هذه الظاهرة مراراً ليقنع نفسه أولاً وزميلي عمله ثانياً بأن هذه النتائج المذهلة لم تأتِ بمحض المصادفة. تكررت النتائج ذاتها مرة تلو الأخرى مع أية مادة شبه موصلة حاولوا معها: تيار عالي- مقاومة عالية، تيار واطئ- لا مقاومة فعلياً.

أسمى باردين هذه الظاهرة بـ«مقاومات النقل transfer resistors» أو ترانزستورات transistors. لقد وفّرت هذه الظاهرة طريقة للمهندسين لتقويم إشارة ضعيفة وكذلك تنشيطها بأضعاف عدة لقوتها الأصلية. كانت الترانزستورات تحتاج 50/1 من الحيز الذي تشغله أنبوبة مفرغة و1000000/1 من قدرتها وبأداء يفوقها كفاءة. جزاء على هذا الاكتشاف، تقاسم الرجال الثلاثة جائزة نوبل في الفيزياء علم 1956م*.

حقائق طريفة: دخل أول راديو بالترانزستور، باسم ريجنسي تي أر- ون Regency TR-1، الأسواق في 18 تشرين الأول (أكتوبر) عام 1954م. كان سعره مساوياً لـ49,95 دولار أمريكي (ما يعادل 361 دولاراً أمريكياً عام 2005م!). لم يحدث إلا في أواخر ستينيات القرن الماضي أن أصبحت راديوهات الترانزستور رخيصة بحيث يقدر كل فرد على امتلاكها.

* تقاسم باردين ثاني جائزة نوبل له في الفيزياء مع عالمين آخرين، هما ليون كوبر **Leon Cooper** وجون شريفر **John Schrieffer**، عام 1972م. جاء ذلك عقب إتيانهم بنظرية بي. سي. إس **BSC theory** (حسب أوائل حروف أسمائهم) التي تعتبر النظرية القياسية لظاهرة التوصيلية الخارقة. بهذا، يعتبر جون باردين أول شخص ينال جائزتي نوبل في الحقل ذاته، وثالث أربعة حازوا عليها مرتين (بعد ماري كوري ولينوس باولينغ **Linus Pauling**، ثم تلاه فريدريك سانغر **Frederick Sanger**)- المترجم.

الانفجار الكبير

The Big Bang

سنة الاكتشاف 1948م

ما هذا الاكتشاف؟ بدأ الكون بالانفجار العملاق لنقطة من المـادة ذات كثافة لا متناهية وحجم يضاهي حجم الذرة

من المكتشف؟ جورج غاموف George Gamow

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

إن دراسة تاريخنا وأصولنا ضرورية لنفهم هويتنا، وتتضمن هـذه الدراسـة تـاريخ البشر، الحياة على كوكبنا، كوكبنا بذاته، والكون بأسره. لكن كيف لأحـد أن يـدرس تاريخاً جاء وذهب خفية دون أن يراه أحد قبل بلايين السنين الماضية؟

يمثل عمل غاموف أول محاولة جادة لخلق وصف علمي معقول لبداية هـذا الكـون. كان غاموف من أطلق على تلك اللحظة من الولادة المتفجرة اسم «الانفجـار الكـبير»، الذي لا يزال قيد الاستعمال حتى يومنا هذا. كما كان غاموف ذاته من استطاع أن يعيـد خلق ظروف الكون قبل بلايين السنين بطريقة رياضية، ومن ثم وصف على ضوئها الكيفية التي قادت بها تلك الظروف البدائية إلى الكون الحالي الذي نقدر علـى رؤيتـه وقياسـه، فكانت اكتشافاته فاتحة لدراسة علمية للماضي السحيق.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1926م، اكتشف إيدوين هابل أن الكون يتمدد- أي يزداد كبراً. ولّد هـذا الاكتشاف تساؤلات لدى العلماء عما بدا عليه الكون في الماضي: هل كان يتمدد دائمـاً؟ كم كان صغيراً حينذاك؟ هل كانت هنالك لحظة ما بدأ فيها ؟ كيف بدا في ذلك الزمان؟

من هذا المنطلق، شرع البعض بتخمين متى وكيف بدأ الكون. ففـي عـام 1927م، افترض جورجي ليميتريه Georges Lemaitre أنه طبقاً لاكتشاف هابل وفي نقطة بعيدة من الماضي، كان الكون بمجمله مضغوطاً في ذرة واحدة من المادة بكثافة لا متناهية، أسماها *cosmic egg* أو «البيضة الكونية». بحلول عام 1930م، كانت فئة قليلة من العلمـاء

حاولت وصف هذه «البيضة الكونية» والكيفية التي انفجرت بها لتولّد هذا التمدد المستمر لكوننا.

ولد جورج غاموف George Gamow عام 1904م في أوديسا بأوكرانيا. و هو لا يزال طالب فلك شاباً، عُرفت عن غاموف نكاته ومقالبه وحفلاته الساهرة بقدر ما عُـرف عنه علمه. مع ذلك، هاجر غاموف عام 1934م إلى أمريكا واستطاع أن يؤمّن لنفسه درجة الأستذة (البروفيسورية) في الفيزياء النظرية بجامعة جورج واشنطن في العاصمة الأمريكيـة. كان هناك عندما سمع غاموف لأول مرة عن مفهوم البيضة الكونية، والمشكلة التي عانتـها هذه النظرية من حيث افتقارها لأي مفهوم علمي أو بيانات أو دراسات رقمية يمكـن أن تسندها أو تثبت جدواها.

قرر غاموف أن يستعمل المتاح من أدوات الفيزياء والرياضيات ونظرية الكَمْ ليـبرهن فيما لو كان الكون قد بدأ حقاً على هيئة ذرة واحدة بكثافة تتعدى القياس، تدعى البيضة الكونية. فاستهل عمله هذا بمعادلات آينشتاين في النسبية العامة.

خلال الأربعينيات من القرن العشرين، أضاف غـاموف علـى خلطتـه الفيزيائيـة والكيميائية والحسابية عملاً خاصا به، سبق أن أجراه وأثبت من خلاله أن الفرن النـووي للشمس وقوده نوى الهيدروجين التي تتحول إلى هيليوم. فاستعمل رياضيات هذا النموذج الأخير ليحدد ما أمكن أن يحدث لمختلف الذرات في كرة نارية بدائية، كما اسـتفاد مـن البحوث المقدَّمة عن تطوير القنبلة الذرية والبيانات الاختبارية التي تصف الإشعاع عـالي الطاقة لمختلف النوى، وذلك بغية وصف ما حصل داخل نار بحرارة تكاد تكون لا متناهية.

شيئاً فشيئاً، وبناء على هذه المصادر، بدأ غاموف يبني نموذجاً لانفجار البيضة الكونية وللتفاعلات الكيميائية التي حصلت في الثواني التي تلته. فأطلق غاموف على هذا الانفجار اسم «الانفجار الكبير»، كما أظهر رياضياً كيف أن الكون عند تلك اللحظة كان مؤلفـاً بالأساس من نيوترونات كثيفة التكدُّس. سمح له ذلك باستعمال الدراسات المتوفرة عـن الكيفية التي تتحد بها النيوترونات– تحت درجات قصوى من الحرارة والضغط– لتكـوِّن نوى أكبر، وتنفصل كذلك إلى بروتونات وإلكترونات لتشكّل بذلك الهيدروجين والهيليوم.

كان غاموف قادراً على اقتفاء هذا الانفجار الكوني رياضياً من بدء حدوثه فتباعاً عبر الزمن. تضمَّن هذا الوصف صورة مفصَّلة لانفجار كرة النار ثانية بثانية وأظهر– حـسب

قوانين فيزيائية وكيميائية معروفة- كيف نتج عن ذلك الانفجار تركيب وتوزيع المادة التي تؤلّف كوننا الحالي.

كما بيَّن غاموف أن الانفجار الكبير لا بد أولد دفعة هائلة من الطاقة انتشرت وتجمدت مع تمدد الكون، ولكنها ستبقى «هناك» بحيث يمكن تقصيها على هيئة «شفق» خافت أو صدى لذلك الانفجار العظيم، ويمكن الاهتداء إليه كحزمة من الضوضاء عند درجة 5 كلفن.

عُثر أخيراً على هذا الإشعاع الخلفي الكوني بأواخر التسعينات من القرن المنصرم من خلال استخدام تقنيات الفلك الراديوي المتقدمة، مما أثبت صحة نظرية الانفجار الكبير لغاموف. مستعملاً الفيزياء والكيمياء والرياضيات، اكتشف غاموف ولادة الكون قبل 15 بليون سنة خلت.

حقائق طريفة: كان غاموف شخصاً مهيب الطلعة بطول ستة أقدام ووزن يفوق 100 كغم، ولكنه كان كعفريت صغير في مقالبه ومطباته. فقد وصفه صحفي من الاتحاد الدولي للصحافة ذات مرة بأنه «العالم الوحيد من أمريكا الذي يمتلك روح فكاهة حقيقية».

تعريف المعلومات

Definition of Information

سنة الاكتشاف 1948م

ما هذا الاكتشاف؟ يمكن للمعلومات أن تتبع جميع القوانين الرياضية والفيزيائية الموضوعة لوصف المادة وأن تعمل على غرار المادة الفيزيائية

من المكتشف؟ كلود شانون Claude Shannon

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

في كل مرة تركب فيها أمواج الانترنيت، تحمِّل مقالة ما، تطبع من جهازك للكمبيوتر، تستعمل هاتفاً خلوياً، تستعير قرصاً من الـDVD، فاعلم أنك تفعل ذلك بفضل اكتشاف كلود شانون. اندلعت الثورة الرقمية برمتها مع اكتشاف كلود شانون أن المعلومات يمكن أن تحوَّل إلى وحدات رقمية digital bits من المعلومات، وتعامَل معاملة أي تدفق فيزيائي للمادة.

جعل شانون من المعلومات فيزيائية بطبيعتها، وسمح اكتشافه للعلماء والمهندسين أن يتحولوا من التقنيات التماثلية (الانالوك) إلى الرقمية (الديجيتال)، كما فتح الطريق أمامهم إلى عصر المعلوماتية. لقد دعيت مقالته التي نشرها عام 1948م لوصف الطبيعة الرقمية للمعلومات بماغنا كارتا* عصر المعلوماتية.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

ولد كلود شانون Claude Shannon في ريف ميشيغان بأمريكا عام 1916م. نشأ هناك ونشأت معه موهبة ومهارة في قضايا الالكترونيات، فكان يحوِّل أسواراً طويلة من

---

* ماغنا كارتا (الميثاق الأعظم) **Magna Carta**: أول دستور مدوَّن في التاريخ الحديث. صدرت مسودة هذه الوثيقة عام **1214**م، ثم صادق عليها الملك الإنجليزي جون لاكلاند **John Lackland** عام **1215**م. تنظم هذه الوثيقة العلاقة بين القوى الرئيسية الثلاث في انجلترا، وهي الملك والبارونات والكنيسة، حيث ألزمت الملك بالقانون الإقطاعي والمحافظة على مصالح النبلاء. بيعت نسخة نادرة منه بسعر قياسي قدره **3,21** مليون دولار في كانون الأول (ديسمبر) عام **2007**م خلال مزاد علني في نيويورك– المترجم.

الأسلاك الشائكة إلى نظام تلفون خاص به، ويتكسب النقود من تصليح وإعادة ترميم أجهزة الراديو. ثم درس شانون الدكتوراه في الرياضيات بمعهد ماساشوسيتس التكنولوجي MIT. وصفه أساتذته بالفائق الذكاء ولكن من غير أي يكون مثالاً للطالب المجدِّ في دراسته، إذ كان يقضي معظم أوقاته في تصميم لعب الأطباق الطائرة ومكائن قذف الكرات والتقاطها.

على أية حال، أجفلت رسالة شانون في الماجستير عام 1938م عالم الفيزياء، حيث وصف فيها الانسجام الكامل بين دوائر الفتح الالكترونية ورياضيات عبقري القرن التاسع عشر البريطاني جورج بول George Boole. أظهر شانون أن دائرة إلكترونية بسيطة يمكنها أن تنجز جميع العمليات الخاضعة للمنطق الرمزي للعالم بول. كانت تلك المرة الأولى التي يبين فيها شخص ما أن رياضيات أكثر من بسيطة يمكن تجسيدها في دوائر إلكترونية. فتحت رسالة هذا الطالب الباب على مصراعيه لتطوير الكومبيوترات الرقمية، التي ظهرت بعد ذلك بعقد من الزمان.

عقب تخرجه، وُظِّف شانون من قبل مختبرات تلفون بيل في نيو جيرسي. كان المهندسون هناك يعانون من مشكلة: كيف يمكنهم حشو مزيد من «المعلومات» في سلك صاخب أو قناة موجية دقيقة (مايكرو–ويفية)؟! فأوكلوا المهمة إلى كلود شانون، رغم أنه عُرف أكثر بركوب دراجة أحادية العجلة عبر ردهات المختبر.

تجاوز شانون محاولات غيره في العمل مع أنواع معينة من المعلومات– نص، أرقام، صور، أصوات....الخ. كما قرر ألّا يعمل على أية طريقة من طرق نقل المعلومات– الأسلاك، أمواج الصوت عبر الهواء، الموجات الراديوية، الموجات الدقيقة...الخ. بدلاً من كل هذا، قرر شانون أن يركِّز على سؤال أساسي جداً لم يفكر أحد بدراسته: ما هي المعلومات؟ ما الذي يحدث عند انتقال المعلومات من المرسِل إلى المستقبِل؟

كان جواب شانون أن المعلومات تستهلك الطاقة، وتقلل من الشك عند وصولها. بأبسط أنواعها (ذرة أو كَمّا من الطاقة)، فإن المعلومات تجيب سؤالاً بسيطاً من نوع نعم/لا، هو الذي يقلل (أو يزيل) الشك بدوره. ارمِ قطعة نقدية، هل ستكون صورة أم كتابة؟ أنت لا تعرف، ولست متأكداً لحين استقرار القطعة، حينها ستحصل على المعلومة: نعم أو لا، كانت صورة أم لا. لا (شك) بعد الآن، تلك هي (المعلومة)!

أدرك شانون أن بإمكانه تحويل جميع المعلومات إلى شـــريط طويـــل مـــن وحـــدات معلوماتية منفردة بسيطة بشكل نعم/لا، وبأن التيارات الكهربائية مثالية لمعاملة ونقل هـــذا النوع من المعلومات الرقمية. بهذه الطريقة، حوّل شانون المعلومات-بأي نوع كانت- إلى شريط من النَعَمْات واللاءات الرقمية (آحاد وأصفار).

كان شانون قادراً على تطبيق القوانين الفيزيائية على سيول المعلومات، وأظهر بـــأن هنالك حدا لكمية المعلومات التي يمكن دفعها خلال أية قناة للاتصالات- تماماً مثل كميـــة الماء التي يحد دفعها خلال خرطوم ما بغض النظر عن مدى كبر الضغط. كما اشتق معادلة رياضية ليصف العلاقة بين مدى الترددات المتوفر لحمل المعلومات وكمية المعلومات الـــتي يمكن حملها، والتي أصبحت ما نسميه الآن «عرض الموجة».

جعل اكتشاف شانون من المعلومات فيزيائية وسهلة العمل بها مثل ماء يتدفق خـــلال أنبوبة أو هواء يضخ من خلال توربينة. وبهذا، اكتشف شانون ماهية المعلومات وفتح الباب لعصرنا الرقمي الحديث.

حقائق طريفة: هنالك 6000 فيروس كمبيوتري جديد يُطلق شهرياً.

المورِّثات المتقافزة

Jumpin' Genes

سنة الاكتشاف 1950م

ما هذا الاكتشاف؟ المورِّثات ليست مثبَّتة بشكل دائم على الكروموسومات، لكن يمكن أن تقفز من مكان إلى آخر

من المكتشف؟ باربارا مكلينتوك Barbara McClintock

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

وافق كل باحث في العالم بأن المورِّثات مصفوفة على امتداد الكروموسومات بمواقع ثابتة كقطع لؤلؤ في عقد. عاملة لوحدها بحقل ذُرة صغير في مهب الريح عند ميناء كولد سبرينغز بجزيرة لونغ في أمريكا، أثبتت باربارا مكلينتوك أن كل عالم وراثة آخر في العالم كان على خطأ.

من خلال دراستها للذُرة البرية بعناية، وجدت باربارا مكلينتوك بأن المورِّثات لا (يمكنها) التقافز فقط، بل تتقافز (فعلاً) بشكل منتظم ومستمر من مكان لآخر على الكروموسوم، كما وجدت أن مورِّثات مسيطِرة قليلة توَّجه هذه المورِّثات المراسِلة المتقافزة لتغيير أماكنها وبالتالي تشغيل أو إيقاف تشغيل المورِّثات المجاورة في مكانها الجديد.

أصبح عمل باربارا مكلينتوك حجر أساس لعدد من الإنجازات الكبيرة في مجال الطب ومكافحة الأمراض. وصفت لجنة جائزة نوبل عام 1983م العمل الرائد لباربارا مكلينتوك بأنه «واحد من أعظم اكتشافين اثنين في علم الوراثة بزماننا هذا*».

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

بشهادة الـPh.D في علم الوراثة، عاشت باربارا مكلينتوك Barbara McClintock في شقة مرتَّبة من غرفتين تعلو المرآب الأخضر الزاهي لمديرية بحث ميناء كولد سبرينغ التابعة لمعهد كارنيجي.

---

* الاكتشاف الآخر هو فك تركيب الـ **DNA** من قِبل واطسون وكريك عام **1953**م- المترجم.

كانت باربارا امرأة صغيرة ضئيلة البنيان، بالكاد تبلغ خمسة أقدام طولاً وبوزن أقل من 90 رطلاً. كان قد أصاب وجهها ويديها التجاعيد والخشونة من طول التعرض للريح والشمس.

كان ميناء كولد سبرينغ هذا عبارة عن منطقة نائية منعزلة شمال شرقي جزيرة لونغ، تتميز بكثرة هبوب الريح فيها وبكثبانها الرملية المتدحرجة وأعشابها الشاطئية المتمايلة. منحنية بجسدها في حقل ذُرة بمساحة نصف فدان مندس بين تجمع مباني المديرية والمياه المتلاطمة لمضيق جزيرة لونغ، زرعت باربارا حبوب الذُرة بيدها حبة تلو الأخرى ضمن صفوف مرتبة بعناية.

كان عام 1950م هو سادس عام لباربارا وهي تزرع وتنمّي وتدرس مورِّثات نباتات الذُرة وهي تتنقل بين الجيل والآخر. عادة ما كانت تشعر بنفسها مزارعة أكثر من كونها باحثة وراثية.

الكيفية التي قضت بها باربارا أيامها كانت تعتمد على فصول السنة. ففي الصيف، كانت تقضي معظم وقتها في حقل الذُرة وهي ترعى وتروى النباتات التي ستنتج لها محصولها من البيانات لتلك السنة، فتزيل الأعشاب الضارة والحشرات والأمراض التي يمكن أن تفتك بتجاربها. أما في الخريف، فكانت تحصد كل سنبلة بيدها، فتصنِّفها، وتبدأ بتحليلها المختبري لموقع وتركيب كل مورثة على كروموسومات كل سنبلة منها على حدة. كان مختبرها مؤلفاً من ميكروسكوب قوي واحد، بعض الأطباق المختبرية الكيميائية، وأكداس من السجلات اليومية لتدوين ملاحظاتها. كان هذا العمل يستهلك ساعات الشتاء الطويلة لباربارا.

في الربيع، كانت باربارا تقسِّم وقتها بين التحليل الرقمي لبيانات العام الفائت والتخطيط الميداني والتحضير للجيل التالي من نباتات الذُرة.

اقتفت باربارا بدقة الطفرات اللونية والأنماط والتغيرات الحاصلة عاماً بعد آخر واكتشفت بأن المورِّثات ليست ثابتة على امتداد الكروموسومات- كما اعتقد الجميع، ولكن بإمكانها الحركة، أو بالأحرى تتحرك فعلاً. بدت بعض المورِّثات وكأنها توجِّه المورِّثات الأخرى فتملي عليها مكان ذهابها وزمان عملها. كانت هذه الموجِّهات الوراثية تتحكم بحركة وعمل المورِّثات الأخرى التي انصاعت لها بالتقافز بين مكان وآخر ومن ثم إشغال – أو إيقاف اشتغال- ما يجاور مكانها الجديد من مورِّثات.

بدا الأمر وكأنه بدعة علمية. فقد ناقض كل كتاب ومرجع في علم الوراثة، كل بحث منشور عن الوراثة، وكذلك أفضل العقول وأكثر معدات البحث تطوراً على وجه الأرض. بنهاية موسم حصاد عام 1950م، كانت باربارا في حيرة من أمرها حيال نشر نتائجها. وأخيراً، قررت أن تنتظر بيانات عام آخر.

قدّمت مكلينتوك بحثها عام 1951م بالندوة الوطنية للبحث الوراثي. كانت الغرفة تتسع لمائتي شخص، لم يحضر منهم سوى ثلاثين، بينما تلكأ آخرون بالمجيء أثناء إلقائها للمحاضرة.

لم تُسأل أي سؤال، فالقلة التي بقيت في الغرفة لحين انتهائها رحلت ببساطة ودون أن تنبس ببنت شفة.

كما جرت العادة أن يحدث مع كل فكرة جذرية جديدة، نُبذت باربارا من قِبل الحضور بهزة كتف تدل على كثير من الضجر واللامبالاة. فقد تجاهلوها لأنهم لم يقدروا على فهم تطبيقات ما تقول.

عادت باربارا وهي تجر وراءها أذيال البؤس والإحباط لتجني حقلها للذُرة وتبدأ بتحليل محصول السنة السابعة**.

على أية حال، احتاج المجتمع العلمي25 سنة أخرى ليفهم أهمية اكتشاف باربارا مكلينتوك.

حقائق طريفة: أصبحت باربارا مكلينتوك أول امرأة تُمنح جائزة نوبل في الفسلجة أو الطب دون مشاركة. لدى وفاتها عام 1992م، اقترحت إحدى صفحات نعيها بأنها يمكن أن تُعد بحق أعظم شخصية بيولوجية في القرن العشرين.

** وصفت باربارا مكلينتوك ردة فعل علماء الوراثة حينها بالـ «المربك»، وحتى «العدواني» ولكن «عندما تعرف أنك على حق، فإنك لا تهتم بما يفكر فيه الآخرون. إنك تعلم جيداً بأن يوماً لا بد آت، عاجلاً أم آجلاً، وينجلي هذا الحق»– المترجم.

الاندماج

Fusion

سنة الاكتشاف 1951م

ما هذا الاكتشاف؟ نقيض الانشطار، الاندماج يتضمن اتحاد نواتي ذرتين إلى ذرة واحدة أكبر حجماً، مع تحرير كميات هائلة من الطاقة

من المكتشف؟ ليمان سبتزر Lyman Spitzer

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

طاقة الاندماج هي قدرة الشمس، فهي مصدر قدرة لا ينضب يمكن صنعه من الهيدروجين والهيليوم- العنصرين الشائعين في القشرة الأرضية. يعتبر الاندماج نظيفاً وصديقاً للبيئة غير ملوث لها. تحدثت النظريات عنه خلال العقدين الأول والثاني من القرن العشرين، ثم وُصف رياضياً خلال عقده الثالث. وأخيراً، اكتشف (ظهر مختبرياً) عام 1951م، لتُستثمر تقنية الاندماج في صنع القنبلة الهيدروجينية بعد فترة وجيزة.

شهد الاندماج كل هذه التطورات خلال القرن العشرين إلا واحداً: لم يتم تحويله بعد إلى واقعه العملي الموعود، فلا زال يعمل بين جدران المختبر فقط. لكن لو أصبح بالإمكان تحويل هذا الاكتشاف إلى حقيقة عملية، فإنه سيقضي على مشاكل نقص الطاقة لآلاف من السنين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

لطالما اعتقد العلماء بأن الشمس تصدر الحرارة والضوء بحرق مادتها المكوِّنة لها بواسطة عملية احتراق اعتيادية. خلال القرن التاسع عشر، جادلت فئة قليلة من العلماء هذه الفكرة (أبرزهم البريطاني لورد كلفن) بقولها أن الشمس تصدر الحرارة من انكماشها التجاذبي الخاص بها- وبأن هذه العملية لن تدوم أكثر من ملايين قليلة من السنين.

سمحت معادلة آينشتاين الشهيرة (طا = ك س^2) للعلماء بإدراك إمكانية تحويل كميات قليلة من المادة إلى كميات هائلة من الطاقة. في عام 1919م، وصف الفلكي الأمريكي

هنري رسيل Henry Russell العمليات الفيزيائية والرياضية التي من شأنها أن تسمح للشمس بدمج ذرات الهيدروجين إلى ذرات الهيليوم وبالتالي تحرير كميات كبيرة من الطاقة خلال هذه العملية، التي عرفت باسم الاندماج. لم يمض سوى عام واحد فقط (1920م) ليتم إثبات صحة هذه النظرية الأخيرة حول طريقة عمل الشمس، وذلك من خلال القياسات الفلكية لفرانسيس آستون* Francis Aston.

تواجد الاندماج نظرياً، ولكن هل الاندماج شيء يمكن تطويره عملياً على الأرض؟ في عام 1939م، وصف الفيزيائي الألماني هانس بيته** Hans Bethe–بالتفاصيل الرياضية– نظرية تفيد بكيفية صنع تفاعل اندماج على الأرض. لكن كانت هناك مشكلة، إذ أفادت معادلات بيته بأن ذرات الهيدروجين يجب أن تُسخن لدرجة تفوق مليون درجة سيليزية (180 مليون درجة فهرنهايت) وتُضغط إلى مجال صغير بحيث تتصادم البروتونات في نوى الهيدروجين وتندمج إلى ذرات الهيليوم. لم يكن هناك من مادة أو قوة معروفة بإمكانها أن تحقق هكذا عمل خارق.

أسس الدكتور ليمان سبتزر Dr. Lyman Spitzer مختبر فيزياء البلازما بجامعة برينسيتون الأمريكية عام 1948م، وسرعان ما أدرك بأن الطريقة الوحيدة لاحتواء تفاعل اندماج هي باستعمال مجال مغناطيسي عالي الطاقة. فقام سبتزر بإحاطة أنبوب (يشبه الكعكة المستديرة المقلية) يحوي غاز الهيدروجين بملف سلكي لإحداث مجال مغناطيسي يعمل على حبس ذرات الهيدروجين بينما كانت أجهزة الليزر تقوم على تسخينها لملايين الدرجات.

مرة أخرى، كانت هنالك مشكلة. عندما قام سبتزر بلف آلاف اللفات نحو الأسفل من خلال وسط الأنبوب، ثم نحو الأعلى على امتداد سطحه الخارجي، حدث طبيعياً أن تجمعت الأسلاك بكثافة أكثر داخل الأنبوب عن خارجه، مما أدى إلى توليد مجال مغناطيسي

---

* فرانسيس أستون (**1877–1945م**): كيميائي وفيزيائي بريطاني، اخترع جهاز المطياف الكتلي **mass spectrograph** المستخدم في قياس الكتل الذرية النسبية والتواجد النسبي للنظائر وكذلك لأغراض للتحليل الكيميائي ودراسة التفاعلات الأيونية. نال جائزة نوبل في الكيمياء عام **1922م**– المترجم.

** هانس بيته (**1906–2005م**): فيزيائي ألماني – أمريكي حاز على جائزة نوبل في الفيزياء عام **1967م** عن نظريته في التشكل النووي النجمي **stellar nucleosynthesis**. عمل على تطوير أولى القنابل الذرية، كما لعب دوراً بارزاً في تطوير القنبلة الهيدروجينية – رغم أنه انضم إلى المشروع أملاً بإثبات استحالة صنعها بالأساس. وصف بأنه «أبرز حلّال للمسائل في القرن العشرين» – المترجم.

أقوى على السطح الداخلي (مركز) الأنبوب قياساً بالمتولد على الخارج، وانـــدفعت ذرات الهيدروجين خارج الأنبوب بسرعة قريبة من سرعة الضوء. لم يعمل مولّد الانـــدماج هـــذا عمله.

بعدها اكتشف سبتزر علاجاً مدهشاً، إذ لوى الأنبوب الحاوي على ذرات الهيدروجين من شكله الشبيه بالكعكة المستديرة إلى شكل شبيه بالرقم 8. فلما تـــسارع الهيـــدروجين خلال هذا الأنبوب الملوي، فإنه قضى جزءاً من كل دورة بالقرب من الـــسطح الـــداخلي للشكل 8 وجزءا قرب السطح الخارجي، وبالتالي بقي دون أن يُـــسحب خارجـــاً بتـــأثير الاختلافات في المجال المغناطيسي.

في عام 1951م، أنهى سبتزر العمل على مولد اندماج بلازما الهيدروجين الأول هـــذا، واسماه *stellarator* «الستيلاراتور أو مفاعل الاندماج النجمي» –إشـــارة إلى شـــكله الشبيه بالنجمة. كان أول تشغيل للستيلاراتور لمدة جزء صغير من الثانية طالما أن صاحبه لم يكن متأكداً بعد من أن بلازما الهيدروجين الفائقة الحرارة لن تتحول إلى قنبلة هيدروجينية.

لنصف ثانية مجيدة واحدة، توهَّجت كتلة الغاز توهج نجوم السوبرنوفا العملاقة عنـــد تفجرها،كأنها شمس متوهجة ساطعة وهي تحترق بدرجة 70 مليون فهرنهايت (38888871 درجة سيليزية). بحرارة وبريق يفوقان الخيال، أخذ الغاز هيئة حوض من بلازما الهيدروجين قطره قدمان يستشيط غليانا بقوة انفجارية، ثم بدأ يخفت ليأخذ لونا أرجوانياً باهتاً. وأخيراً، بعد ثانيتين من بدء إشعاله، تحول إلى الأسود من جديد.

للحظة وامضة واحدة، حضَّر ليمان سبتزر نجماً جديداً– تقريباً. الأهـــم مـــن هـــذا، اكتشف أن الاندماج ممكن على سطح الأرض.

حقائق طريفة: كمصدر طاقي بديل، للاندماج فوائد كثيرة، بمـــا فيهـــا: توافر عالمي طويل المدى من الوقود الرخيص، عدم التسبب بتكوين أمطـــار حامضية أو إنبعاثات الغازات الدفيئة، انعدام احتمـــال حـــدوث تفاعـــل متسلسل سريع الانطلاق، نواتج عَرَضية لا يمكن استعمالها لصنع الأسلحة، ومشاكل أقل بالنسبة للتخلص من المخلفات.

أصول الحياة

Origins of Life

سنة الاكتشاف 1952م

ما هذا الاكتشاف؟ أول إعادة مختبرية للعملية الأصلية التي توالدت بها الحياة على الأرض

من المكتشف؟ ستانلي ميلر Stanley Miller

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لطالما كان احد أعظم الألغاز في الوجود: كيف تكونت الحياة للمرة الأولى على هذا الكون؟ وكثرت النظريات. لقد تم العثور على بكتيريا لا توجد على الأرض بشكل طبيعي في نيازك وجدت بالقارة القطبية الجنوبية. فالحياة هنا ربما أتت من كوكب آخر!

على مدى أكثر من مائة سنة، كانت النظرية العلمية الأكثر شعبية هي القائلة بأن الحياة (جزيئات الـDNA) قد تطوَّرت أولاً من الأحماض الأمينية التي توالدت بطريقة ما في الخليط الكيميائي الحسائي للبحار الأولية. لقد كانت مجرد نظرية - وإن حظيت بقاعدة شعبية واسعة- حتى جاء ستانلي ميلر ليعيد توليد ظروف المحيطات المبكرة في مختبره، ويظهر بأن الأحماض الأمينية أمكنها فعلاً التكون من هذا الحساء الكيميائي. لقد كان هذا أول برهان مختبري وأول اكتشاف علمي يدعم النظرية القائلة بأن الحياة على الأرض قد تطورت من المركبات الغير العضوية في المحيطات، فأصبحت حجر أساس في هيكل العلوم الحياتية منذ ذلك الحين.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

بحلول عام 1950م، كان العلماء قد استعملوا طرقاً مختلفة ليحددوا أن الأرض بعمر 4,6 بليون سنة. على أية حال، لم تتعد أقدم تسجيلات المتحجرات حتى للخلايا البكتيرية الصغيرة عمر 3,5 بليون سنة. هذا يعني أن الأرض ظلت تدور في الفضاء لأكثر من بليون سنة على هيئة كوكب لا حياة فيه، قبل أن تظهر عليها الحياة فجأة لتعم جميع أصقاع المعمورة.

كيف، إذن، بدأت الحياة؟ اتفقت الأغلبية من العلماء على أن الحياة قد انبثقت من مواد كيميائية غير عضوية. رغم أن هذه النظرية قد بدت معقولة في نظرهم، إلا أن أحداً لم يكن متأكداً من حدوثها على أرض الواقع.

خلال أواخر الأربعينيات من القرن المنصرم، انضم الكيميائي هارولد يوري* Harold Urey من جامعة شيكاغو إلى فريق من علماء الفلك والكون ليحددوا ما بدت عليه البيئة المبكرة لكوكب الأرض. توصل هؤلاء إلى أن الجو الأولي للأرض كان يشابه باقي الكون-90% هيدروجين، 9%هيليوم، مع نسبة 1% الأخيرة للأوكسجين والكاربون والنيتروجين والنيون والكبريت والسيلكون والحديد والأرغون. من هذه المواد جميعاً، لا يتفاعل الهيليوم والأرغون والنيون مع العناصر الأخرى لتكوّن مركبات كيميائية.

حدد يوري عبر التجارب التي أجراها أن العناصر المتبقية (في تركيبهم المحتمل للغلاف الجوي المبكر للأرض) قد اتحدت لتكوِّن الماء والميثان والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين.

فلنوجه دفة الحديث إلى ستانلي ميلر Stanley Miller. ففي عام 1952م، قرر هذا الكيميائي البالغ من العمر اثنين وثلاثين عاماً أن يضع هذه النظرية السائدة تحت الاختبار ليرى فيما لو أمكن للحياة أن تنتج من خليط يوري للمركبات الكيميائية. قام ميلر بتعقيم شبكات طويلة من الأنابيب الزجاجية والدوارق والأكواب المختبرية، فبنى ما يشبه مجموعة ممتدة من الأعمدة في مختبره وألزم بها الدوارق والأكواب المختبرية وأنابيب التوصيل الزجاجية هذه. ملأ أحد الأكواب الكبيرة بالماء المعقم، والدوارق الأخرى بثلاث غازات عيّنها يوري ضمن الغلاف الجوي المبكر للأرض- الميثان والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين.

قام ميلر بغلي كوب الماء ببطء بحيث يسمح لبخار الماء بالتصاعد إلى «جوه» المغلق لدهليز من الأنابيب الزجاجية والأكواب المختبرية. هناك، اختلطت مع الغازات الثلاثة الأخرى بشكل دوامات من السحب في كوب مختبري معنون بعبارة «الغلاف الجوي».

أدرك ميلر أنه يحتاج مصدراً للطاقة لإطلاق معادلته الكيميائية هذه. حدد العلماء الآخرون أن الجو المبكر للأرض احتوى بروقاً مرعدة وعواصف متموجة بشكل مستمر تقريباً. قرر ميلر أن يصنع برقاً اصطناعياً في غلافه الجوي، فربط بطارية إلى إلكترودين

---

* هارولد يوري (1893-1981م): فيزيائي وكيميائي أمريكي أشتهر باكتشافه للديتيريوم (الهيدروجين الثقيل) عام 1932م، فنال عليه جائزة نوبل في الكيمياء عام 1934م- المترجم.

وشن صعقات برقية خلال حجرة «الغلاف الجوي». كان هنالك أنبوب زجاجي يخرج من هذه الحجرة ماراً بملف للتبريد. هناك، تكثف بخار الماء من جديد وتقاطر في كوب للتجميع مربوط إلى الكوب الأصلي للماء.

بعد أسبوع من التشغيل المستمر لجوه المغلق الدورة، حلل ميلر بقايا المركبات التي استقرت في كوكب التجميع لنظامه. فوجد بأن 15% من الكاربون في نظامه قد تحوَّل الآن إلى مركبات عضوية، و2% قد شكَّل أحماضا أمينية حقيقية (المكوِّنات الرئيسية لتركيب البروتينات). تعجب جميع العلماء فعلاً من السهولة التي حضَّر بها ميلر الأحماض الأمينية– المكونات الأساسية للحياة العضوية وفي غضون أسبوع واحد فقط!

في عام 1953م، اكتشف تركيب جزيئة الـDNA أخيراً. فكانت تركيبتها تتطابق جيداً مع الطريقة الأكثر احتمالاً لاتحاد جزيئات الأحماض الأمينية لإنتاج سلاسل أطول من الحياة. كانت ذلك دليلاً آخر داعماً للفكرة التي اكتشفها ستانلي ميلر حول طريقة بدء الحياة على الأرض.

حقائق طريفة: هنالك 20 نوعاً من الأحماض الأمينية. ثمانية منها هي «الأحماض الأمينية الأساسية essential amino acids» التي لا يقدر جسم الإنسان على صنعها، وبالتالي يجب الحصول عليها من الطعام.

الحمض النووي DNA

سنة الاكتشاف 1953م

ما هذا الاكتشاف؟ تركيب وشكل الجزيئة التي تحمل المعلومات الوراثية لكل كائن حي

من المكتشف؟ فرانسيس كريك Francis Crick و جيمس واطسون James Watson

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

صنع البايوكيميائي البريطاني فرانسيس كريك وزميله الأمريكي جيمس واطسون أول نموذج دقيق للتركيب الجزيئي للحامض النووي الرايبي منقوص الأوكسجين، أو الـDNA، الذي يعتبر الشفرة الرئيسية لبناء وعمل جميع الكائنات الحية. عُدَّ هذا الاكتشاف من قِبل الكثيرين بأنه «الاكتشاف الأكثر أهمية للقرن».

أتاح اكتشاف تركيب جزيئة الـDNA لعلماء الطب فهم وتطوير علاجات للعديد من الأمراض المميتة، مما أدى إلى إنقاذ حياة ملايين من البشر. الآن، دخل علم الـDNA أروقة المحاكم على نطاق واسع، كما قاد هذا الاكتشاف لفك الجينوم البشري ولوعود باكتشاف علاجات لآفات خطرة وعاهات خلقية مختلفة أخرى.

لقد أعادت اكتشافات كريك المتعلقة بتركيب ووظيفة الـDNA صياغة دراسة علم الوراثة، فأولدت حقل الأحياء الجزيئية، وأعطت اتجاهاً جديداً لحشد من المساعي والجهود في ميادين الطب المختلفة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

بدت الغرفة وكأنها احتضنت تواً احتفالاً للصغار فهاجت وماجت بهم وبقطع ألعابهم المتناثرة، أو كأنها غرفة ألعاب في مدرسة ابتدائية لأولاد مفعمين بالنشاط. فها هو السقف وقد تدلت منه منحوتات متحرّكة* من الأسلاك المتشابكة، خرزات ملونة، شرائط من

---

* النَّحت المتحرك mobile نوع من أعمال النحت نشأ في أوائل القرن العشرين، يتميَّز عن الأنواع الأخرى بأنه يحقق تعبيره أو مغزاه عن طريق الحركة، بينما تحقق أعمال النحت التقليدية تعبيرها بترتيبها

صفائح معدنية، قصاصات من ورق المقوى، مسامير وكرات خشبية- فيتـــراءى للنـــاظر وكأنه في مغارة أسطورية بأعمدتها الكلسية الهابطة. أما أرضية الغرفة والمناضد فكانت تعج بمعدات البناء، المقصات، قطع القصدير، صفحات تحوي معادلات معقدة، أكـــداس مـــن التقارير والبحوث العلمية، وألواح فوتوغرافية بصور بلّورية سينية مشوشة.

الزمان.. عام 1953م، والمكان.. المكتب الموجود بالطابق الثاني في بناية عمرها ثلاثمائة عام ضمن حرم جامعة كامبردج، تقاسمه كل من فرانـــسيس كريـــك Francis Crick وجيمس واطسون James Watson.

لم تكن المنحوتات المتحرّكة مجرد ألعاب لا طائل منها لطالبَين يتمتعان بوقـــت وافـــر للعب والمرح، بل كانت تمثل لمجهود مضنٍ ودؤوب منهما في سبيل الظفر بالسباق العـــالمي لحل لب الحياة وصميمه، وذلك من خلال فك طلاسم شكل جزيئة الـــDNA.

بحلول عام 1950، كان البايوكيميائيون قد استنتجوا أن نواة الخلية كانـــت الحاملـــة للمعلومات الوراثية. كان أساس اللغز يكمن في كيفية استنساخ جزيئة الـــDNA الضخمة لذاتها بحيث تستطيع أن تمرر هذه المعلومات إلى خلية جديدة، كائن جديد، وبالتالي جيـــل جديد. من أجل الإجابة على هذا السؤال، كان على أحد ما أن يعيَ أولاً الشكل الـــذي بدت عليه جزيئة الـــDNA العملاقة هذه.

في كامبردج، انضم كريك إلى البيولوجي الأمريكي جيمس واطسون علـــى اتفـــاق التضافر بجهودهما لبناء نموذج لجزيئة الـــDNA، في حين اتبع كل منهما دراسته المنفـــصلة وأطروحة بحثه الخاصة به.

بحلول عام 1951م، بدأت مقاطع ومقادير صغيرة من المعلومات تبزغ شـــيئاً فـــشيئاً حول الـــ DNA في مناطق متعددة من العالم. فقد اكتشف إيروين تشارغاف** Erwin

---

للأشكال الصامتة الثابتة. يعتبر النحات الأمريكي ألكسندر كالدير Alexander Calder أول من أبـــدع أعمالاً فنيَّة متحركة حقيقية. وترتبط هذه الكلمة عمومًا بنوع الفن المتحرك غير المُدَار آليًا، والـــذي بـــدأ كالدير في صنعه عام 1934م، مستخدمًا الأسلاك وأشكال الصفيح المدهونة- المترجم.

** إيروين تشارغاف (1905- 2002م): بايوكيمائي نمساوي- أمريكي، ساهم في بلورة فكرة التركيـــب الحلزوني المزدوج للـــ DNA. بعمر الثلاثين، كان قد نشر ثلاثين تقريراً علمياً، كما كتب 15 كتابـــا و450 تقريراً منشورا بكافة المواضيع. اشتهر عنه قوله: «إن تقنية الهندسة الوراثية تشكل تهديداً للعـــالم أكبر من التقنية النووية. أتمنى ألّا أكون متواطئاً في هذا الذنب»- المترجم.

Chargaff أن هنالك نسبة محددة من التسلسلات النيوكليوتيدية في قواعد الـــــDNA، مما يرجح تواجد علاقة مزدوجة بينها. أما أوزوالد افيري*** Oswald Avery، فأجرى تجارب على DNA البكتيريا مظهِراً بأنه الحامل للمعلومات الوراثية في الخلية. ومن جانبـــه بنى لينوس باولينغ**** Linus Pauling لفكرة عامة تفيد بشكل ألفا حلـــزوني لـــبعض السلاسل من البروتينات. حاول كريك وواطسون أن يجمعا هذه الدلائل المنفصلة ضـــمن تركيبة بنائية واحدة. مستعملَين قطعاً صغيرة من السلك، خرزات ملونة، صفائح معدنيـــة، وقصاصات من ورق المقوى، علّق كريك وواطسون نماذج حلزونية محتملة على مكتبـــهما المشترك. كان ظنهما صائباً بتشكل سلسلة رابطة من السكر والفوسفات للعمود الفقـــري لحلزون الــDNA، كما ربطا المزدوجات القاعدية من الببتيدات بطريقة صحيحة. مـــع ذلك، لم يتوافق النموذج مع ما كان متاحاً من البيانات الدقيقة.

شهدت جامعة كامبردج محاولات أخرى، منفصلة عن محاولات كريك وواطـــسون، قامت بها روزاليند فرانكلين Rosalind Franklin مستعملة تقنية التـــصوير البلّـــوري السيني لخلق صور ثنائية الأبعاد لجزيئة الــDNA. في منتصف كانون الثاني (يناير) من عام 1953م، أعادت روزاليند تصميم كاميرات الأشعة السينية الـــتي اســـتعملتها، فـــأظهرت الأفلام السينية الناتجة عن هذه الكاميرات الصورة المعروفة الآن على هيئة حرف X، التي اقترحت شكلاً حلزونياً لجزيئة الــDNA.

بعدما جاءته البلاغات السرية عن المعلومات الجديدة بحوزة فرانكلين، تعمَّد كريـــك سرقة إحدى الصور السينية التي تظهِر الشكل X من روزاليند. أخيراً وضعت هذه المعلومة المسروقة كلا من كريك وواطسون على طليعة السباق لحل مسألة تركيب الــــDNA.

*** أوزوالد أفيري (1877–1955م): عالم أمريكي كندي المولد، يعد من أوائل المايكرو بيولـــوجيين ورائدا من رواد علم الكيمياء المناعية. وصف بأنه أكثر شخص استحق جـــائزة نوبـــل ولم ينلـــها– المترجم.

**** لينوس باولينغ (1901–1994م): عالم وكاتب وناشط سلمي أمريكي، يعتبر واحداً مـــن أكثـــر العلماء تأثيراً في تاريخ الكيمياء، وثاني اثنين ينال جائزة نوبل في حقلين مختلفين (بعد ماري كـــوري). نال أول جائزة نوبل له في الكيمياء عام 1954م على شرف "بحثه في طبيعـــة الأواصـــر الكيميائيـــة وتطبيقاتها وكذلك في توضيح تركيب المواد المعقدة"، أما الثانية فكانـــت في الـــسلام عـــام 1963م «لوقوفه ضد تجارب صنع و استخدام الأسلحة النووية ودوره في حل النزاعات الدولية» إبان الحرب العالمية الثانية– المترجم.

فبحلول منتصف شهر شباط (فبراير) من ذلك العام، كانا قد صنعا أول نموذج بنائي كامل لجزيئة الـDNA، مستخدمَين الشكل الحلزوني المزدوج المعروف اليوم، على هيئة سلسلتين لولبيتين ملفوفتين على بعض***** .

حقائق طريفة: لو قوَّمت كل شريط من الـDNA من كل خلية في جسمك وربطت نهايتيهما ببعض، فإنك ستحصل على ما يقارب 9 ملايين كم من الـDNA. وهو ما يكفي للانتقال إلى القمر 13 مرة ذهابا وإيابا!

***** حاز كريك و واطسون على جائزة نوبل في الطب أو الفسلجة عام **1962**م، بينما حرمت فرانكيلن من هذا الحق نظراً لوفاتها بعمر مبكر عام **1958**م متأثرة بمضاعفات سرطان المبيض- المترجم.

انتشار قاع البحر

Seafloor Spreading

سنة الاكتشاف 1957م

ما هذا الاكتشاف؟ تتحرك قيعان المحيطات ببطء، منتشرة من تصدعات وسطية، فتحمل القارات على ظهورها في هذه الأثناء

من المكتشف؟ هاري هيس Harry Hess

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

نحن ندرك الآن بأن قارات الأرض تتحرك. فقد انجرفت عبر سطح الأرض على مر مئات الملايين من السنين. ربما اطّلعت على صور توضح شكل الأرض قبل 500 مليون سنة خلت، ولكن قبل 60 سنة فقط، لم يصدق أحد بإمكانية تحرك القارات الضخمة، ولم يستسيغوا وجود أية قوة من الكبر بحيث تحرك قارات شاسعة تزن ترليونات الأطنان.

جاء هاري هيس بعدها ليكتشف نظرية انتشار قاع المحيط. لم يجعل هذا الاكتشاف من حركة القارات أمراً جديراً بالتصديق فقط، ولكن فجأة جعل من فكرة القارات المنجرفة حقيقة وبرهاناً أساسياً لإثبات ما سبقها من نظريات في هذا السياق جاء بها العالم فيغنر. أطلق عمل هيس دراسة تحركات الطبقات الجيولوجية وخلق فهماً جديداً لتاريخ وميكانيكيات القشرة الأرضية، كما واستهل دراسة جادة لحركة قارات الأرض في الماضي.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

واقفاً على منصة الربان للسفينة العملاقة الحافرة للمحيطات العميقة في منطقة وسط الأطلسي عام 1957م، راقب قائد البحرية هاري هيس Harry Hess أحد مشغلي الرافعة وهو يناور مقاطع أنبوب الحفر بمهارة من على هيكل رافعة الحفر الموضوع عالياً فوق ظهر السفينة. لقد كانت تلك المرة الأولى التي تستطيع فيها سفينة أن تحفر وتجمع نماذج من صميم قاع المحيط بعمق 13000 قدماً. كان هيس من صمم وأدار العملية، فلا غرو إذن أن أحس بالفخر والسعادة. لكن أظهر الاختبار تلو الآخر أن قاع المحيط تحتهم أقل عمراً من 50 مليون سنة– منافياً كل نظرية وضعها وطورها هاري هيس حول قاع المحيط.

بروفيسوراً جيولوجياً قبل الانضمام للبحرية، كان هاري هيس قد مُنح قيادة سفينة النقل العسكري الأمريكية كيب جونسون U. S. S Cape Johnson العاملة في المحيط الهادئ عام 1945م. استخدم هيس نظم سونار البحرية ليعمل أول مسوح صدى صوتية نظامية لقاع المحيط الهادئ وعلى مدى عامين وهو يقطع المحيط جيئة وذهاباً أثناء مهامه البحرية. اكتشف ما يزيد عن مائة من المرتفعات المسطحة القمة المغمورة في الماء على عمق 3000–6000 قدم بين جزر هاواي وماريانا. وصف هيس هذه المرتفعات بـ«الجزر القديمة الغارقة» وأسماها الغويو (تكريما لأرنولد غويو Arnold Guyot، بروفيسور الجيولوجيا ببرينسيتون).

افترض هيس بأن الغويو كانت في الأصل جزراً تعود إلى 800 مليون سنة مضت، أي في فترة سبقت ظهور المرجان. وكان برهانه في هذا يستند، جزئياً، على افتراضه بأن الترسبات المستمرة للرواسب على قاع البحر أدت إلى ارتفاع مستواه.

عندما تم العثور عام 1956م على متحجرات عمرها 100 مليون سنة فقط في الغويو، غيّر هيس من نظريته ليقول هذه المرة بأن الغويو كانت بالأصل براكين تعرَّت بفعل التأثير الموجي لتصبح مسطحة القمة. تخلى هيس عن هذه النظرية أيضاً عندما بيَّنت حسابات سرعة التعرية بأن من غير الممكن أن تكون الغويو قد تعرَّت بما يكفي لتصل عمقها الحالي.

بعد ذلك وفي العام 1957م، أظهرت نماذج من لب المحيط بأن قاع المحيط الأطلسي يصغر القارات عمراً وبأن سرعة الترسيب المحيطي أبطأ مما سبق اعتقاده. كان على هيس أن يبحث عن نظرية أخرى من جديد.

لحسن الحظ، سمح له مسحه عام 1957م بجمع نماذج من لب الأطلسي لأكثر من عشرين موضعاً. أظهرت هذه الفحوصات بأن قاع المحيط قد ازداد تدريجياً بالعمر كلما تحرك بعيداً عن العرف الموجود وسط الأطلسي Mid-Atlantic ridge نحو أي من القارتين.

لم يكن قاع المحيط بالثابت والساكن كما ظن الجميع، بل لا بد أنه كان ينتشر ويتحرك وكأنه على حزام ناقل عملاق، سائراً ببطء السنة تلو الأخرى بعيداً عن العرف وسط المحيط. برر هيس نظريته الجديدة بصعود الصهارة (الصخور المنصهرة) من وشاح الأرض عالياً خلال التصدعات المحيطية ولينتشر جانبياً عبر قاع المحيط. عندما بردت هذه

الصهارة، فإنها شكّلت قشرة محيطية جديدة. قدّر هيس بأن القشرة المحيطية تنتشر خارجاً على امتداد العرف الذي يتوسط المحيط بمقدار إنش أو اثنين كل سنة.

اشتهر اكتشاف هيس بمصطلح انتشار قاع المحيط وكان الشرارة لاندلاع ثورة دراسة تحركات الطبقات الجيولوجية التي شهدها أواخر الستينات وأوائل السبعينات من القرن المنصرم.

حقائق طريفة: يتقلص المحيط الهادئ ببطء في الوقت الذي تنزلق فيه الأمريكيتان غرباً. قبل مائتي مليون سنة، لم يكن المحيط الأطلسي متواجداً، فكانت أمريكا الجنوبية وإفريقيا ملتحمتين- كما هو الحال بالنسبة لأمريكا الشمالية وأوربا. لا زال الأطلسي ينتشر ويكبر، كما هو البحر الأحمر كذلك- فبعد 150 مليون سنة، سيكون هذا البحر النحيف بعرض المحيط الأطلسي حالياً!

طبيعة الجو

The Nature of the Atmosphere

سنة الاكتشاف 1960م

ما هذا الاكتشاف؟ يعد الجو فوضوياً (مشوّشاً) ولا يمكن التنبؤ به

من المكتشف؟ إد لوريتز Ed Lorenz

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كشف إد لوريتز الغطاء عن نظام غير خطي معقد متداخل الاعتماد من المعادلات التي تصف الحركة الحقيقية للجو. فقد أظهر بأن النماذج الجوية تعتمد على الظروف الأولية والحدية (البيانات الابتدائية التي يُمد بها النظام) بحيث تؤدي حتى التغيرات المتناهية الصغر ظاهرياً إلى تغيرات كبرى في النظام. بتعبير آخر، عندما ترف فراشة بجناحيها فوق بكين فان النماذج قد تنبأ بوضوح بأنها ستغير الجو في نيويورك، مع أن الجميع يسلّم بعدم إمكانية حدوث هذا.

لم يكتشف لوريتز كيف يمكن وضع تنبؤات طويلة المدى، ولكن القوى التي تجعل من هذه التنبؤات غير ممكنة. بعدها اكتشف نظرية الفوضى- دراسة النظم الفوضوية والغير المتوقعة. يكتشف العلماء الآن أن العديد من النظم الطبيعية والحيوية والبيئية يمكن فهمها على النحو الأفضل بالاستناد على نظرية الفوضى قياساً بالأشكال التقليدية للتحليل.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

امتلاك جهاز للكومبيوتر كان شيئاً من الجدة والغرابة في عام 1958م ما يكفي لأن يكون مصدر جذب وإغراء للعديد من أعضاء إدارة معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا وطلابه، ممن قاموا برحلات وزيارات إلى مكتب إد لوريتز Ed Lorenz لمجرد رؤية عمل هذا الشيء. لكن ما لبثت الإثارة بامتلاك هذا السبق العلمي أن تحولت إلى يأس مرير بالنسبة لصاحبها.

وضع لوريتز مجموعة من المعادلات للعمل كنموذج رياضي لحركة وسلوك العصف الجوي. لاحظ أن تغيرات طفيفة في الظروف البادئة للنموذج سرعان ما أدت إلى تغيرات

ضخمة في المحصلة. كانت الاختلافات الطفيفة البادئة تتضخم دائماً على مر الزمن، بدلاً من التضاؤل أو الاستقرار عند حد طبيعي معين.

لو كان الجو الحقيقي يتصرف على غرار نماذج لوريتز، فإنه قد أثبت تواً استحالة التنبؤ الطويل المدى للطقس طالما أن الظروف البادئة غير معروفة أبداً بالدقة الكافية للحيولة دون وقوع خطأ فوضوي مضخَّم. إنه لشعور مقلق وخانق أن تتاجر بإثارة العثور على أداة بحثية جديدة مقابل يأس إثبات أن ميدان عملك كان معاباً ومحالاً من أساسه.

عندما دخل إد كلية دارتماوث عام 1934م، كان قد عقد عزمه على أن يصبح رياضياً منذ فترة طويلة. فتخرج حاملاً شهادة البكالوريوس في الرياضيات عام 1938م ودخل جامعة هارفارد لتكملة دراسته. مع اندلاع الحرب العالمية الثانية، انضم لوريتز إلى السلك العسكري الجوي الذي عيّنه لحضور دروس الأرصاد الجوية العسكرية بمعهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا.

تعلم لورنز هناك أن يعتبر الطقس مجموعة مؤتلفة من الكثافة، الضغط، الحرارة، سرع الرياح الثلاثية الأبعاد، إضافة إلى المحتوى الغازي والسائل والصلب للغلاف الجوي. المعادلات التي تصف هذه المجموعة من المتغيرات تحدد الظروف الراهنة للطقس، أما نسب التغير في هذه المعادلات فتحدد الأنماط المتغايرة للطقس.

ما لم يتعلمه لوريتز، واكتشفه بعد ذلك بفترة طويلة، أن لا أحد عرف كيف يستخدم معادلات الأرصاد الجوية الغير الخطية والديناميكية هذه ليتنبأ بالطقس بشكل واقعي، وأجمعت الغالبية أن ذلك غير ممكن التحقيق. لقد كانت المعادلات معقدة جداً وتطلبت الكثير من البيانات الأولية والحدية.

حاول لوريتز تطبيق المعادلات الدينامكية للتنبؤ بحركة العواصف. نظراً لأن الكومبيوترات لم تكن متوفرة بكثرة في بدايات الخمسينات من القرن العشرين، فان معظم عمله كان مُنجزاً على السبورات وبمساطر الحساب والورق وقلم الرصاص. كان كل حساب يستهلك الكثير من الوقت ومملاً للغاية، فلم يتمكن لوريتز من الوصول إلى أية نتائج معقولة خلال حسابه اليدوي لهذه المعادلات.

في عام 1958م، حصل لوريتز على كومبيوتر رويال-مكبي إل جي بي- 30 (بحجم منضدة كبيرة تقريباً) لتطوير مجاميعه من المعادلات الديناميكية الغير الخطية النموذجية.

أظهرت نتائج هذه التشبيهات الكومبيوترية بأن اختلافات أولية صغيرة كانت تتضخَّم بمرور الزمن، عوضا عن الرجوع للوضع الاعتيادي بالتدريج. لو كان النموذج صائباً، فالطقس إذن فوضوي بطبعه ولا يمكن التنبؤ به.

بضع سنوات من الاختبار أقنعت لورينز وآخرين من قسمه بصوابه وصحة نموذجه. فالطقس كان فوضوياً بدلاً من أين يكون نظاماً ممكن التنبؤ به (كنظام التفاعلات بين المواد الكيميائية الغير العضوية، أو السحب التجاذبي). أصبح الدافع لاستعمال أداة جديدة لتكملة مشروع قديم واحداً من أعمق الاكتشافات التي شهدها علم الأرصاد الجوية. سيظل لورينز معروفاً بأنه الشخص الذي اكتشف الجو على طبيعته الحقيقية واكتشف بالتالي حدود الدقة للتنبؤ بالطقس.

حقائق طريفة: لعب الممثل جيف غولدبلوم Jeff Goldblum دور إيان مالكوم Ian Malcolm في أفلام الـ Jurassic Parks أو «الحدائق الجوراسية». مالكوم هو رياضي متخصص بدراسة نظرية الفوضى ويطلق على نفسه «المتخصص بالفوضوية». إثبات صحة نظريات الفوضى يعتبر من الأفكار الرئيسية التي تتبناها هذه الأفلام*.

---

* لقد اقتحم مفهوم الفوضوية الكثير من تفاصيل العلم والحياة المختلفة. فبعد أن آمن العلماء بحتمية العلم **Determinism** (إمكانية التنبؤ الدقيق بظاهرة ما اعتماداً على دراسة دقيقة لبياناتها الأولية)، جاءت دراسات لورينز لتؤكد بأن هذه النظم الحتمية تتأثر كثيراً بالعوامل البادئة بحيث يصبح التنبؤ بنتائجها البعيدة المدى ضرباً من المستحيل. فهكذا حالة من «الفوضوية» يمكن أن تعرف على أنها «سلوك عشوائي ظاهرياً ضمن نظام حتمي ما ينشأ نتيجة حساسية مفرطة بالظروف البادئة»، و يمثّل لها تقليدياً بـ «تأثير الفراشة»- أي عندما تخفق فراشة بجناحيها في بكين، فإنها يمكن أن تسبب (أو تمنع حدوث) إعصار في نيويورك بعد فترة!

يمكن أن نفسر هذه الظاهرة بضرب المثال التالي: فلنفترض رجلاً يدعى «أحمد» يعمل طبيباً في مستشفى البلدة، وقد اعتاد على الذهاب يومياً إلى مكان عمله كل صباح بعد تناول الفطور عند الثامنة صباحا، فيبقى هناك لحين الثانية بعد منتصف النهار. وفي احد الأيام، خرج الدكتور أحمد عن روتينه اليومي واغتنم فرصة أثناء ساعات عمله لتناول شئ ما في مطعم قريب بالبلدة. وبينما كان يقود سيارته مسرعا تحت وطأة الجوع الذي اعتصر أحشائه، فإنه غفل عن إشارة مرورية حمراء، فتعرض لحادث مريع. رغم أن د. احمد نجا من الحادث، إلا أن السائق الآخر راح ضحيته، تاركاً وراءه طفلاً صغيراً وأرملة شابة لا تزال في مقتبل العمر. الآن، بينما كان د. أحمد جالساً يراجع مسلسل ذاك اليوم المشؤوم، تذكر فظاعة الجوع الذي ألَّم به في عمله فأدى به للخروج طلباً لتناول الطعام. ولكن ما كان

الكوارك

Quarks

سنة الاكتشاف 1962م

ما هذا الاكتشاف؟ الجسيمات الدون ذرية التي تؤلف البروتونات والنيوترونات
من المكتشف؟ موري غيلّ- مان Murry Gell-Mann

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

اكتشف العلماء ألياف النبات أولاً، ثم الخلايا المنفردة. بعدها تصور العلماء وفهموا الذرات والجزيئات. في مطلع القرن العشرين، اكتشف العلماء الالكترونات ومن ثم وجود البروتونات والنيوترونات. في كل حالة من هذه الحالات، اعتقد العلماء أنهم أخيراً اكتشفوا الجسيم الأصغر في الإمكان للمادة. وفي كل مرة ثبت خطأ هذا الاعتقاد.

قاد اكتشاف الكوارك (الجسيمات الأساسية التي تؤلف البروتونات والنيوترونات) عام 1962م العلم إلى عالم كمّي غريب وشاذ داخل البروتونات والنيوترونات، عالم من كتلة لا كتلة لها وحيث الكتلة والطاقة تتبادلان بشكل حر. لقد خطا هذا الاكتشاف بالعلم خطوة جبارة نحو إجابة أحد أكثر الأسئلة أساسية على الإطلاق: ما الذي تتكون منه المادة حقاً؟ عند كل مستوى جديد يزداد الجواب ويزداد العالم غرابة وعجباً.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

بعد انسدال الستار على القرن التاسع عشر، صفقت ماري كوري الباب المؤدي لعالم

وراء هذا الجوع المفاجئ؟ رجع قليلاً بذاكرته إلى الوراء، فتذكر أنه لم يفطر ذلك الصباح - على غير عادته - بعد أن استيقظ متأخراً من النوم، ثم تذكر أن سبب تأخره في الاستيقاظ كان نومه المتأخر بعد أن شعر بعضة بعوض مفاجئة أيقظته من نومه، فبقي مستيقظاً ولم يستسلم للرقاد إلا مع تباشير الصباح الأولى!

هكذا، عضة بعوض صغيرة تتسبب بوفاة شاب وتيتُّم طفل وترمُّل امرأة! قد تكون هذه القصة من وحي الخيال، ولكن تفاصيلها ممكنة الحدوث جداً، بل يمكن أن توحي لنا بوقائع مشابهة عايشناها أو سمعنا بها في حياتنا اليومية!- المترجم.

الذرة، فأثبتت بأنها ليست أصغر جسيم ممكن للمادة. لم تنقض فترة طويلة حتى اكتشف العلماء جسيمين دون ذريين آخرين: الإلكترونات والبروتونات. وفي عام 1932م اكتشف جيمس تشادويك النيوترون. مرة أخرى وقع العلماء في شرك الاعتقاد بأنهم كشفوا الغطاء عن الجسيمات الأصغر للمادة.

عندما تم اختراع مسرِّعات الجسيمات بمنتصف ثلاثينيات القرن المنصرم، تمكن العلماء من سحق النيوترونات إلى بروتونات، والبروتونات إلى نوى أثقل ليستطلعوا ما قد ينتج عن التصادمات النووية. في خمسينيات القرن المذكور، ابتكر دونالد غلاسير Donald Glaser «حجرة الفقاعة bubble chamber»، حيث تم تسريع الجسيمات الدون ذرية لسرعة تقارب سرعة الضوء وبالتالي قُذفت داخل هذه الحجرة الواطئة الضغط المملوءة بغاز الهيدروجين. عندما اصطدمت هذه الجسيمات ببروتون (نواة الهيدروجين)، تفكك الأخير إلى مجموعة من جسيمات غريبة جديدة. ترك كل جسيم من هذه الجسيمات أثراً ينمّ عن فقاعات متناهية في الصغر وهو يتسارع بعيداً عن موضع التصادم. لم يتمكن العلماء من رؤية الجسيمات بحد ذاتها، ولكنهم تمكنوا من رؤية آثار من الفقاعات ورائها.

كان العلماء في دهشة وحيرة من أمرهم حيال هذا التنوع والعدد من المسالك الصغيرة على خرائط حجرة الفقاعة (كل منها يشير إلى الوجود المؤقت لجسيم لم يكن معروفاً سابقاً). لم يقدروا حتى على حزر وتخمين ماهية هذه الجسيمات الدون ذرية الجديدة.

ولد موري غيلّ – مان Murry Gell-Mann في مانهاتن بأمريكا عام 1929م. لقد كان طفلاً معجزة بحق، إذ كان قادراً على ضرب أعداد ضخمة في رأسه وهو لا يزال في الثالثة من عمره، وفي عمر السابعة فاز على من هم بسن الثانية عشر في مسابقات التهجي. بعمر الثامنة، تلاءمت قدرته الذهنية مع قدرات معظم طلاب الجامعة. على أية حال، كان غيلّ – مان دائم الضجر عديم الراحة في المدرسة، وعانى من نوبات حادة من الانقطاع عن الكتابة. كان نادراً ما يكمل تقاريره ورسوم مشاريعه، رغم سهولة إتمامها عليه.

مع هذا، شق غيلّ – مان طريقه بسهولة خلال دراسته الجامعية في ييل ومن ثم تنقل بين معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا وجامعة شيكاغو (حيث عمل تحت إمرة فيرمي) وبرينسيتون (حيث عمل بإشراف من أوبنهايمر). بعمر الرابعة والعشرين، قرر التركيز على

فهم الجسيمات الغريبة التي ظهرت على خرائط حجرة الفقاعة. سمحت خرائط حجرة الفقاعة للعلماء أن يقدّروا الحجم، الشحنة الكهربائية، اتجاه، وسرعة كل جسيم، ولكن دون التعرف على هويته الخاصة. بحلول عام 1958م، كان هنالك ما يقارب المائة اسماً متداولاً لتعريف ووصف هذه الغابة من الجسيمات الجديدة التي تم تقصيها.

أدرك غيلّ- مان بأنه قادر على إضفاء معنى على هذه الجسيمات فيما لو طبّق قلة من المفاهيم الأساسية للطبيعة. فقد افترض بأن الطبيعة بسيطة ومتناسقة، كما وافترض بأن هذه الجسيمات الأصغر من البروتون – وعلى غرار جميع المواد والقوى الأخرى في الطبيعة- يجب أن تكون محافظة على ذاتها (فالكتلة والطاقة والشحنة الكهربائية تُحفظ ولا تُفقد خلال جميع تفاعلات التصادم).

مستدلا بهذه المفاهيم، بدأ غيلّ – مان بجمع وتبسيط التفاعلات التي حدثت عند انفلاق البروتون، كما استحدث مقياساً جديداً أسماه *strangeness* أو «الغرابة» استنبطه من فيزياء الكَمْ. فكان مقياس الغرابة يقيس حالة الكَمْ لكل جسيم. مرة أخرى، افترض بأن صفة الغرابة لا بد أن تُحفظ في كل تفاعل.

وجد غيلّ – مان بأنه تمكن من بناء أنماط بسيطة من التفاعلات عند انفلاق الجسيمات أو اتحادها. على أية حال، بدت بضعة من هذه الأنماط غير خاضعة لقوانين الحفظ. أدرك غيلّ – مان بعدها أن بإمكانه جعل جميع التفاعلات خاضعة لقوانين حفظ بسيطة لو لم تكن البروتونات والنيوترونات تراكيب صلدة، بل كانت مؤلفة بدلاً من ذلك من ثلاث جسيمات أصغر.

على مر عامين من العمل، أظهر غيلّ – مان وجوب تواجد هذه الجسيمات الأصغر داخل البروتونات والنيوترونات، وأطلق عليها *k-works* ومن ثم *kworks* على سبيل الاختصار. وأخيراً، بعد قراءته لسطر منشور من قبل جيمس جويس James Joyce ذكر فيه عبارة «three quarks» أو «ثلاثة قطع من الجبن النيئ»، غيّر غيلّ – مان اسم جسيماته الجديدة إلى *quarks* أو «الكوارك»*.

---

* تسهيلاً لفهم الجسيمات الأساسية، نقول أن الباريونات (البروتونات والنيوترونات) تتألف من جسيمات أصغر تدعى الكوارك. الكوارك على أنواع ستة، هي: الأعلى **up** والأسفل **down** والساحر **charm** والغريب **strange** والعلوي **top** والسفلي **bottom**. يتألف البروتون من

حقائق طريفة: السطر المذكور أعلاه لجيمس جويل هو «ثلاث كواركات لمستر مارك!» في رواية «بعث آل فينيغان Finnegans Wake». هل مرت عليك هذه المقولة من قبل**؟!

كواركين من النوع الأعلى وواحد أسفل، بينما يتألف النيوترون من كواركين من النوع الأسفل وواحد أعلى. تترابط الكوارك ببعضها بجسيمات تدعى الغلونات **gluons**، تضفي عليها خاصية اللون (الشحنة اللونية أو النكهة)– إما حمراء أو خضراء أو زرقاء. لكل كوارك مضاده **anti-quark** الذي يحمل لوناً مضاداً، بينما تمتلك الغلونات اللون ومضاده معاً. إن الكوارك تتبادل الغلونات فيما بينها فتغير ألوانها باستمرار (مع الحفاظ على تعادل لوني أبيض) وبالتالي تترابط بقوة هي الأقوى في الكون، تدعى «القوة القوية»، تتغلب على الشحنة الكهرومغناطيسية المتماثلة لنوى الذرات وتحفظ للمادة كيانها ووجودها. بوجود هكذا قوة، يستحيل الحصول على كوارك منفصل، إذ يرافقه مضاده دوماً. يدعى هذا المعقد (الكوراك – الكوراك المضاد) بالميزون **meson**– المترجم.

** تعتبر كلمة كوارك **quark** من جملة الكلمات المبهمة التي أكثر الروائي الايرلندي الشهير جيمس جويس من استخدامها ضمن سياق التورية والإيحاء اللفظي الذي تعمده في حبك روايته (بعث آل فينيغان). يقول البعض أنها بمعنى (نعب) إشارة إلى صوت الغربان التي غنت المقطع المتضمن هذه الكلمة بالرواية، في محاولة الكاتب الاستهزاء من الملك مارك المذكور في أسطورة تريستان. يقول البعض الآخر أنها مشتقة من الألمانية بمعنى (خثارة اللبن)– المترجم.

الكوازارات و النوابض

Quasars and Pulsars

سنة الاكتشاف 1963و 1967م

ما هذا الاكتشاف؟ اكتشاف أجرام فائقة الكثافة وبعيدة في الفضاء

من المكتشف؟ آلان ريكس ساانديج Allan Rex Sandage (الكوازار) وأنتوني هيوش Antony Hewish وجوسلين بيل Jocelyn Bell (النوابض)

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

تمثل الكوازارات والنوابض صنفا جديداً من الأجرام في الفضاء، أو بالأحرى نوعاً جديداً من جرم هائل برّاق خارق للعادة. كونها ضخمة وبكثافة مفرطة وتصدر إنبعاثات راديوية وضوئية، فإن الكوازارات والنوابض قد أوسعت وغيّرت نظرة العلماء إلى الفضاء ومكوناته بشكل جذري.

الكوازارات هي بعض من الأجرام الأكثر بريقاً وبعداً في الكون. أما النوابض فتلمّح لمسلك حياة النجوم والتوقع العمري لها. قاد اكتشاف هذين الجسمين إلى فهم أكبر لحياة وممات النجوم وافتتح حقولاً جديدة للدراسة في علم الفلك والمادة الفائقة الكثافة والتجاذب والمجالات المغناطيسية الفائقة القوة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في خريف عام 1960م، لاحظ الفلكي الأمريكي آلان ريكس سانديج Allan Rex Sandage سلسلة من الأجرام المعتمة بدت وكأنها نجوم. فقام بالتدقيق فيها مستعملاً تلسكوباً راديوياً ليرى فيما لو كانت تبث إشارات راديوية إضافة إلى الضوء القاتم.

المثير للدهشة أن كلاً من هذه الأجرام المعتمة أصدر إشارات راديوية قوية لم يُعرف عن أي جرم آخر إصداره إياها. ربما لم تكن بنجوم في الحقيقة – أو على الأقل ليست بنجوم كالنجوم الأخرى. أطلق سانديج على هذه الأجسام الغامضة quasi-stellar

radio sources أو «مصادر شبه نجمية راديوية»، ثم سرعان ما اختصر عبـــارة quasi- stellar إلى *quasar* «كوازار».

درس ساندیج خطوط التصوير الطيفي لهذه الأجسام الغريبة (الخطـــوط الـــتي تعـــيّن التركيبة الكيميائية لنجم بعيد). لم توائم الخطوط أياً من العناصر الكيميائية المعروفة ولم يتم تعيينها إطلاقاً.

أدرك ساندیج والفلكي الأمريكي الهولنـــدي المولـــد مـــارتن شميـــت Maarten Schmidt أخيراً بأن الخطوط الطيفية يمكن التعرف عليها كعناصر طبيعية وشائعة إذا مـــا فُحصت كخطوط طيفية تحدث بشكل اعتيادي ضمن المدى الفـــوق البنفـــسجي وتمـــت إزاحتها بانزياح أحمر ضخم (انزياح دوبلر) ليقع ضمن المدى المرئي. (انزياحات دوبلر هي تغيرات في تردد الضوء أو الصوت جراء حركة الجسم)

في الوقت الذي فك فيه هذا التفسير لغزاً واحداً، فإنه قدَّم آخر. ما الذي أمكنـــه أن يسبب هكذا انزياح عملاق حسب مبدأ دوبلر؟ قرر الاثنان عام 1963م بـــأن الجـــواب الوحيد الجدير بالتصديق هو المتعلق بالبعد، فلا بد أن الكوازارات على بعد بليـــون ســـنة ضوئية- الأجسام الأكثر بعداً قياساً بأي جسم آخر تم تقصيه!

الآن، هنالك مسألة أخرى تطرح نفسها: الضوء المعتم للنجوم الزائفة كان براقاً جداً بالنسبة لنجم واحد على ذلك البعد الشاسع – فهو يفوق بريق كامل المجرات بحوالي ألف مرة. افترض ساندیج وشميت بأن كل كوازار لا بد أن يكون مجرة بعيدة في حقيقة أمـــره. على أية حال، كانت الإشارات الراديوية المقاسة شاسعة التفاوت والتنوع (بمرتبة الأيـــام والساعات) لتكون مجرة من نجوم منفصلة. لقد أشار ذلك إلى كتلة متراصة وليست مجرة.

بقيت الكوازارات لغزاً مربكاً حتى عام 1967م حيث افتُرضت بأنها كانت المادة التي تحيط بالثقوب السوداء الهائلة، فتحولت في الحال إلى الأجسام الأهم والأكثر لفتاً للاهتمام في الفضاء البعيد.

في ذات العام (تموز/يوليو 1967م)، أكمل بروفيسور علم الفلك بجامعة كامبردج أنتوني هيوش Antony Hewish تشييد ميدان بمساحة 4,5 هكتار مخصص لوضع هوائي راديوي بهدف تقصي إنبعاثات الترددات الراديوية من أقصى زوايا الفضاء. كانـــت هـــذه المتاهـــة العملاقة من السلك لتصبح مستقبِل التردد الراديوي الأكثر حساسية على وجه الأرض.

طبع التلسكوب الراديوي ما يساوي المائة قدم من الورق التخطيطي كل يـوم. كانـت مساعدة هيوش وطالبته في الدراسات العليا جوسيلين بيل Jocelyn Bell مسؤولة عن تحليل هذه الورقة التخطيطية، فكانت تقارن الخطوط المتعرجة المرسومة على الورقة بموقـع أجـسام فضائية معروفة ومن ثم تقارن الإنبعاثات الكهرومغناطيسية المعروفة لهذه الأجسام مع تعرجات وبروزات المخطط، وذلك بغرض الحساب لكل علامة مرسومة على المخطط المذكور.

بعد شهرين من بدء العمل بالتلسكوب، لاحظت بيل نمطاً غير اعتيادي محكم التكتل من الخطوط وصفته بـ «خصلة من القفا»- كان عبارة عن نمط متعرج مخـربش لم تقـدر على تفسيره، فأشرت عليه بعلامة استفهام وانتقلت إلى أجزاء أخرى.

بعدها بأربعة ليال، رأت بيل النمط ذاته – بل تكرر ذات المشهد بعد شـهر أيـضاً، فأدركت بأن الهوائي كان مركّزاً على نفس الشريحة الصغيرة من السماء. منحت بيل وقتاً إضافياً تقوم فيه بتمديد وقياس هذه التعرجات. أياً كانت تلك الإشارة الراديويـة، فإنهـا ترددت بنبضات منتظمة كل دقيقة وثلث، في حين لم يُعرف عن أي جسم طبيعي آخـر في الكون بثه لإشارات منتظمة كهذه.

قبل أن يصرِّح هيوش باكتشافهما علناً، عثرت بيل على «خصلة من القفا» جديـدة على مطبوعات المخططات من جزء مختلف من السماء. كانت نبضات هذه الإشارة الثانية تأتي كل 1,2 ثانية وعلى نفس التردد المضبوط تقريباً.

جيء بكل باحث نظري في كامبردج ليفسر «خصلة قفا» جوسيلين، وبعد شهور من الدراسة والحساب استنتج الفريق العلمي بأن بيل قد اكتشفت نجوما دوارة خارقة الكثافـة*. توصـل الفلكيون إلى نظرية رياضية مؤداها أنه عندما ينضب معين نجم ضخم ما من الوقود النووي، فإن كل مادة تنكمش نحو الداخل، مما يؤدي إلى حدوث انفجار عملاق، يدعى السوبرنوفا.

ما تبقى يصبح أكثر كثافة من المادة الاعتيادية بمائة مليون مرة**- نجم نيوتروني. لـو تحرك النجم، فإن مجاليه الكهربائي والمغناطيسي سيبثان حزماً من الموجات الراديوية القوية.

---

* مهما يكن من أمر، حُرمت جوسيلين من جائزة نوبل عام 1974م، بينما نالها هيوش ليكون أول فلكـي ينال جائزة نوبل في الفيزياء- المترجم.

** يمكن لـ 260 مليون نجم نابض أن يشغل نفس الحيز الذي تشغله الكرة الأرضية، لكن رغم ذلـك، فإن مجال جاذبية النجوم النابضة يمكن أن يبلغ بليون مرة قدر مجال جاذبية الأرض.كما أن كرة مـن

بالنسبة لمراقب على كوكب الأرض، فإن نجماً نيوترونياً دواراً سيبدو وكأنه في حالة نابضة، ومن هنا جاءت تسميها بـ «النوابض»***.

حقائق طريفة: كلما كان الكوازار أبعد، كلما بدا الضوء الصادر عنه أكثر أحمراراً على الأرض. يستغرق الضوء المنبعث من الكوازار الأبعد 13 بليون سنة ضوئية للوصول للأرض. ثلاثة عشر بليون سنة ضوئية هي المسافة التي كان النجم الزائف يبعدها عنا قبل 13 بليون سنة عندما انبثق الضوء الذي نراه الآن أول انبثاق من النجم منطلقاً نحو ما يقع عليه الأرض الآن. الكوازارات هي أبعد الأجسام في الكون على الإطلاق.

المادة النيوترونية بحجم كرة القدم يبلغ وزنها خمسين ألف بليون طن و بالتالي لو سقطت على الأرض فإنها ستترك ثقباً فيه بقدر حجمها- المترجم.

*** تحاكي هذه النجوم ضوء المنارة أو المصباح الذي يعلو الإسعاف، إذ تمسح الفضاء بالضوء الصادر عنها لدى دورانها، فنتمكن من التقاطه عندما يأتي باتجاه الأرض فقط. هذا ما يعطي للنجم صفته النابضة- المترجم.

التطور الكامل

Complete Evolution

سنة الاكتشاف 1967م

ما هذا الاكتشاف؟ التطور تقوده الاندماجات التعايشية الحيوية بين الأنواع المتكافلة

من المكتشف؟ لين مارغوليس Lynn Margulis

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كان تشارلز داروين أول من خَطَر له أن الأنواع الحياتية قد تطوَّرت – تغيَّرت – على مر الزمن، والأول في تعيين قوة دافعة لذاك التغير – بقاء الأصلح. سرعان ما أصبحت نظريات داروين حجر أساس للتفكير البيولوجي وظلت عائشة دون تحد زهاء قرن من الزمان.

كانت لين مارغوليس أول من يكتشف ويثبت التعديل على نظرية داروين عن التطور، وبهذا ملأت الثغرة التي طالما قضّت مضاجع مناصري هذه النظرية. أكثر من أي عالم آخر منذ داروين، فرضت لين مراجعة جذرية في الفكر التطوري. على خطى أسلافها العظام أمثال كوبرنيكوس، غاليليو، نيوتن، وداروين، استأصلت مارغوليس وغيّرت بعضاً من النظريات والفرضيات الأعمق تأصلاً والأشد اعتناقاً في العلم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

من مواليد عام 1938م، ترعرعت لين مارغوليس Lynn Margulis على شوارع شيكاغو بالولايات المتحدة. دُعيت بالمبكرة النضوج أثناء طفولتها، ودخلت جامعة شيكاغو وهي لا تزال في عمر الرابعة عشرة. هناك درست علم الوراثة والتطور.

منذ عهد داروين وعلم التطور كان في كفاح مع مشكلة تدعى «التغاير». افترض العلماء أن التغاير في DNA الفرد مدَّ بـ«بالونات التجربة» التي احتفظ بها الانتخاب الطبيعي أو طرحها. فكانت هذه الطفرات التي احتفظت بها الطبيعة لتنتشر ببطء عبر الأنواع بأكملها.

بأية حال من الأحوال، بقي سؤال مزعج لم تتم الإجابة عليه: ما الذي يسبب تغايرات جديدة في أفراد نوع ما؟ تركّزت النظريات حول الأخطاء العشوائية التي أعادت بطريقة ما كتابة مقاطع من الشفرة الوراثية للـ DNA.

حتى في وقت مبكر من مسيرتها المهنية، أيقنت مارغوليس بأن هذا ليس بما حدث على أرض الواقع. إذ لم تجد أي برهان صلد يدعم طفرات صغيرة عشوائية في قيادة تطور الأنواع الحيوية، بل وجدت البرهان على تقافزات كبيرة مفاجئة – كما لو أن التطور لم يحدث كزحف بطيء ثابت مستمر، ولكن كتقدمات مفاجئة دراماتيكية تكيّفية. كما وجدت بأن التغيير التطوري لم يكن من العشوائية التي آمن بها الآخرون تقريباً.

ركّزت مارغوليس على مفهوم التعايش الحيوي *symbiosis*– كائنان (أو نوعان) يعيشان في حالة تعاون مع بعض من أجل مصلحتهما المتبادلة. عثرت على العديد من الأمثلة الأولية لنوعين اختارا العيش بتواجد حميمي متبادل الاعتماد. فنباتات الأشنة تكوّنت من طحلب وفطر عاشا بطريقة أفضل ككائن واحد قياساً بعيشهما كلا على حدة، وكذلك البكتيريا الهاضمة للسيليلوز عاشت في القناة الهضمية للنمل الأبيض، لم يتمكن أحد منهما من العيش دون الآخر بينما عاش كلاهما وهما سوية. دون اندماج تعايشي حيوي، لم يكن لهذه التسوية أن تتطور قط.

وجدت مارغوليس وفرة من علاقات التعايش الحيوي أينما نظرت. كانت الأنواع المتواجدة تبحث عن علاقات تعايشية تعاونية جديدة للتحسين بقابليتها على الاستمرار بالعيش. فالتعاون البشري حقق ذاك المبتغى، كما هي الطبيعة عندما أدخلت بكتيريا (نوع عالي التطور من الحياة) نفسها، مثلاً، إلى نوع متواجد آخر لتخلق طفرة تعايشية حيوية جديدة حسّنت وطورّت من قابلياها وإمكاناها الحياتية.

درست مارغوليس الأنواع الحياتية المبكرة على الأرض واكتشفت أربع حالات أساسية من التعايش الحيوي سمحت بتطور حياة معقدة على وجه الأرض: (1) اتحاد بين بكتريا بدائية تألف الحرارة وبكتريا سابحة (سبايروكيت). فانتُقيت بعض من المورِّثات الأصلية للسبايروكيت (2) لتنتج المراكز المنظّمة والخيوط التي تسحب المادة الوراثية إلى الجانبين المتعاكسين من الخلية قبل انشطارها. سمح هذا بتطوير أنواع حياتية معقدة. قام هذا المخلوق الجديد بابتلاع (3) بكتيريا حارقة للأوكسجين (عندما بدأ الأوكسجين بالتزايد في

الجو). أخيراً، قام هذا الكائن السابح المعقد المعامل للأوكسجين بابتلاع (4) بكتريا بانية للضوء. الناتج عن هذا الاندماج ذو الخطوات الأربعة كان جميع الطحالب والنباتات الحالية!

أظهرت مارغوليس أن خلايا النباتات والحيوانات والفطريات وحتى البشر قد تطوَّرت خلال سلسلة محددة من الاندماجات التعايشية الحيوية التي مثلّت خطوات كبيرة فورية لتقدم الأنواع المعنية نحو الأمام في مسيرة تطورها.

نشرت مارغوليس عملها البارز عام 1967م، لكن اتخذ البيولوجيون موقف شك منه لحين كُشف أن المايتوكوندريا في جميع الخلايا البشرية تمتلك الـDNA الخاص بها، مما يؤيد بأنه حتى الخلايا البشرية ناتجة عن اندماج تعايشي حيوي واحد على الأقل. أثار هذا الاكتشاف همم جيل من العلماء ممن بحثوا ودرسوا عن الاندماجات التعايشية الحيوية، فعثروا عليها في كل مكان حولهم.

تسع من كل عشر نباتات تعيش بفضل اندماجات تعايشية حيوية مع فطريات الجذور التي تصنع مواد غذائية أساسية لها من التربة. يمتلك البشر والحيوانات مستعمرات مترامية من البكتيريا المتعاونة وكائنات صغيرة أخرى تستوطن قنواتنا الهضمية فتعالج وتهضم الطعام الذي نأكله. بدونها، لم نكن لنقدر على الاستمرار بالعيش- وبدون اكتشاف مارغوليس، لبقيت نظرية داروين غير مكتملة.

حقائق طريفة: كانت مارغوليس وزوجها الكاتب والفلكي كارل ساغان Carl Sagan من قالا بأن «الحياة لم تتملك الكرة الأرضية بالتنازع والتعارك، ولكن بالترابط والتعاون، كما أن اعتقاد داروين عن التطور المنقاد بتزاع الانتخاب الطبيعي ليس بالكامل».

المادة المعتمة

Dark Matter

سنة الاكتشاف 1970م

ما هذا الاكتشاف؟ المادة الكونية التي لا تعطي ضوءاً أو أي إشعاع آخر يمكن تقصيه

من المكتشف؟ فيرا روبن Vera Rubin

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لم تعمل حسابات تمدد الكون عملها، ولم توائم حسابات سرعة النجوم في المجرات البعيدة ما راقبه الفلكيون، كما لم تأت حسابات عمر الكون (مبنية على سرعة تمدده) بالكثير من المنطق والمعنى. كان لا بد لأمر ما أن يكون خاطئاً في الطرق المستعملة لهذه الحسابات. مع علامات الاستفهام الكبيرة التي حامت فوق الحسابات هذه، لم يقدر أحد أن يقيس تاريخ الكون أو كتلته الحالية أو مستقبله بطريقة يمكن الاعتماد عليها. كبا معظم البحث الفيزيائي في مسيرة تقدمه في هذا المضمار.

لم تعن فيرا روبن سوى فحص جهاز جديد، فكان ما اكتشفته أن الحركة الحقيقية للنجوم والمجرات بدت تثبت خطأ قوانين نيوتن - المفاهيم الأكثر جوهرية لعلم الفلك برمته. في محاولة لتفسير الفرق بين المشاهدات وفيزياء نيوتن، اكتشفت روبن المادة المعتمة - المادة التي تتواجد ولكن دون بث للضوء وأي إشعاع آخر يمكن للعلماء تقصيه. يؤمن الفلكيون والفيزيائيون اليوم بأن 90% من كتلة الكون عبارة عن مادة معتمة.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في عام 1970م، عملت فيرا روبن Vera Robin بقسم المغناطيسية الأرضية في معهد كارنيجي بواشنطن. حينها كان مدير القسم، الفلكي كينت فورد Kent Ford، قد صنع لتوه مطيافاً نجمياً جديداً عالي السرعة وعريض الحزمة بحيث كان يمكنه إتمام ثمان إلى عشر مخططات طيفية (الصور التخطيطية على ورقة بيانات لطيف ما- في هذه الحالة للطاقة المنبعثة من النجوم البعيدة بترددات مختلفة على امتداد الطيف الترددي) وذلك في ليلة واحدة، في حين اعتُبرت فيه النماذج المتواجدة آنذاك محظوظة لو أكملت مخططاً واحداً في

اليوم كله. كانت فيرا على أحر من الجمر لترى ما يمكن لابتكار فورد أن يقدمه من مفاجآت.

في ليلة السابع والعشرين من شهر آذار (مارس) عام 1970م، ركّزت روبن تلسكوب القسم على الأندروميدا، المجرة الأقرب إلى مجرتنا. كانت تخطط لاستطلاع فيما لو كان ممكناً لملايين نجوم الأندروميدا أن تتحرك فعلاً كما أفادت بها النظرية الشائعة آنذاك.

عند ربطه بتلسكوبات قوية، يمكن للمطياف أن يتقصى وجود مختلف العناصر في نجم بعيد ويعرضها بالتالي على ورق البيانات. جهّزت روبن ميكروسكوبا عالي القدرة لقراءة المخططات المرسومة من قِبل مطياف فورد.

أدركت روبن بأن الدرجات التي قاسها العلماء على المطياف كانت تنحرف قليلاً نحو الأعلى أو الأسفل من على ورق تخطيط التردد، اعتماداً على حركة النجم تجاه أو بعيداً عن الأرض. يدعى هذا الانزياح الترددي بانزياح دوبلر. يحدث نفس النوع من الانزياح لدى مرور السيارة فيبدو صوت محركها متغيرا نحو تردد أدنى. كلما كبر ذاك الانزياح، كلما كانت سرعة الجسم اكبر. أرادت روبن أن ترى فيما لو أمكنها استعمال انزياحات دوبلر والمطياف الجديد لكينت بغرض قياس سرعة النجوم في المجرات القاصية.

وجدت فيرا بأن النجوم على الحافة الخارجية للأندروميدا قد تحركت بنفس السرعة التي تحركت بها النجوم القريبة من مركز المجرة – وهو ما يخالف المفترض في حركة نجوم المجرات تماماً.

على مر شهرين كاملين، أكملت روبن مائتي مخطط طيفي، فتكرر الأمر ذاته بالنسبة لكل مجرة. كانت سرعات النجوم التي قاستها خاطئة كلها، فحسب القوانين الفيزيائية التي يعرفها الجميع، كانت بعض هذه النجوم تتحرك بسرعة فائقة بحيث تعجز الجاذبية على تثبيتها في مجراتها، فيفترض بها أن تطير هاوية في الفضاء. لكن هذا لم يحدث على الإطلاق.

لم يتبق أمام روبن غير تفسيرين اثنين. إما أن تكون معادلات نيوتن خاطئة (شيء لم يكن العالم العلمي ليتقبله) أو أن الكون قد احتوى مادة إضافية لم يعثر عليها فلكي من قبل.

اختارت روبن بدورها التفسير الثاني وأسمت هذه المادة الإضافية «المادة المعتمة» طالما لا يمكن رؤيتها أو تقصيها. حسبت روبن كمية المادة المعتمة اللازمة وكيفية انتشارها على

اتساع الكون بحيث تحافظ على صحة قوانين نيوتن، فوجدت بأن نسبة 90% من الكـون يجب أن تكون مادة سوداء.

لزم بقية المجتمع العلمي عقد كامل ليقبل على مضض بنتائج فيرا روبن وبحقيقـة أن معظم المادة في الكون لا يمكن رؤيتها والاهتداء إليها بالوسائل المتوفرة لدى الإنسان*.

على أية حال، غيّر عمل فيرا روبن في ذاك الصيف من عام 1970م كـل حـساب ونظرية حول تركيب وأصول كوننا، كما حسّن كثيراً من قابلية الفلكيين علـى حـساب انتشار وحركة المادة بشكل صحيح. في الوقت ذاته – لحسن الحظ – حافظـت قـوانين الحركة لنيوتن على بقائها لتعيش حتى يومنا هذا.

حقائق طريفة: حاولت الناسا التقاط صورة فوتوغرافية للمادة المعتمـة (شيء لا يمكن لأحد أن يراه أو يهتدي إليه مباشرة يوماً ما) وذلك باتحـاد صور الأشعة السينية التلكسوبية من القمر الصناعي ROSAT مع صـور أخرى من الأقمار الصناعية، فكانت النتيجة هـي الـصورة المعروضـة علـى العنـوان الالكتروني:

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/rosat/gallery/display/darkmatter.html

يمكن أن تكون هذه أول صورة للمادة المعتمة.

---

* يقدر علماء الفلك تركيب الكون كالتالي: 73% طاقة معتمة، 23% مادة معتمة، 3,6% الغاز الـبين مجري، و 0,4% النجوم و الكواكب وغيرها من الأجرام السماوية المرئية– المترجم.

طبيعة الديناصورات

The Nature of Dinosaurs

سنة الاكتشاف 1976م

ما هذا الاكتشاف؟ الكيفية التي تصرفت وتحركت وعاشت بها الديناصورات على الواقع

من المكتشف؟ روبرت باكير Robert Bakker

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

كانت الديناصورات وحوشا متثاقلة ذات دم بارد. كما كانت متباطئة ذات لون رمادي فاتر ومن البلادة بحيث لم تقدر حتى على التصرف كأرباب أسر لائقين. هذه كانت النظرة الكلاسيكية على الديناصورات خلال النصف الأول من القرن العشرين، وهكذا رُسمت في الصور، وآمن العلماء الإحاثيون. أما روبرت باكير، فقد حطَّم هذه الأفكار وقوَّضها من الأساس.فكان أول من دعا إلى أن الديناصورات كانت كائنات ذات دم حار، ملوَّنة، سريعة، ذكية، ورشيقة. كما كان أول من افترض بأن الطيور قد انحدرت من الديناصورات*. والصور التي نرى الديناصورات عليها اليوم – من أفلام *Jurassic Park* أو «الحديقة الجوراسية» إلى عروض المتاحف العلمية – تدين جميعاً بمفاهيمها الديناصورية لاكتشافات روبرت باكير، الذي أعاد تحرير كتاب الديناصورات بالتمام والكمال.

---

* تذكر الكثير المصادر أن الفكرة تعود بالأساس إلى اكتشاف متحجر الكائن المجنح **Archaeopteryx** في مقالع للحجارة الجيرية بجنوب ألمانيا عام **1860**م، والذي امتلك ريش وأقدام الطيور في حين تضمن هيكله ذيلاً عظمياً طويلاً، أسناناً بدلاً من المنقار، ومخالب بارزة من تحت الريش. لولا الريش، لاعتبر هذا الكائن مجرد عضو من عائلة الديناصورات الصغيرة التي عثر على الكثير منها تحت اسم **Compsognathus**. يقال أن العالم توماس هكسلي كان أول من أشار على هذا الارتباط وذلك في إحدى الأمسيات التي كان يفكر فيها بلغز العظم الغريب الذي سبق أن وجده أسفل عظم الساق لديناصور، بينما كان يتعشى على لحم طائر السمان. فأثناء التهامه للحم ساق الطائر، دخل فمه عظم شديد الشبه بعظم أسفل ساق الديناصور. فاتخذ هكسلي من عظم الكاحل **astragalus** هذا رأس خيط للاستدلال على قرب علاقة الطيور والديناصورات– المترجم.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

كان إلهاماً عظيماً ذاك الذي تملّك روبرت باكير Robert Bakker في تلك الليلة من ثاني سني دراسته بجامعة ييل. بينما كان يتمشى عبر المتحف المظلم، وقعت شذرات خافتة من الضوء على هياكل الديناصورات مما أوحى بحركتها خلال السكون المعتم. فأثناء تفحصه لهذه العظام المألوفة، خَطَر على بال روبرت أن هذه المخلوقات قد حكمت الأرض لما يربو 165 مليون سنة. لا يمكن لها أن تكون غبية، ذات دم بارد، وكسولة، في حين كانت هنالك ثدييات ذكية تحيط بها. لكانت الديناصورات قد غُلبت على أمرها لو لم تكن هي الفائزة بحكم أفضليتها أساساً.

من هنا انطلق روبرت باكير- لوحده - وراء إثبات أن الفكرة السائدة عن الديناصورات خاطئة بالتمام. لجأ باكير إلى أربعة مصادر من المعلومات لبلورة قضيته: التشريح المقارن (مقارناً حجم وشكل الأجزاء المتماثلة للأنواع المتباينة)، مناطق التمركز الحيواني (حيث تعيش الحيوانات)، السجل التراكمي للمتحجرات (كل ما سبق جمعه من عظام وهياكل ديناصورية)، وعلم البيئة (علاقة النوع ببيئته).

قضى باكير ثلاث سنوات مضنية من الدراسة وجد من خلالها بأن عظام الثدييات، كما كانت عظام الديناصورات، غنية بالأوعية الدموية ومفتقرة لحلقات النمو- على نقيض الزواحف ذات الدم البارد، كما وجد بأن ديناصورات العصر الطباشيري قد عاشت شمالي كندا حيث لم تتمكن الزواحف الباردة الدم من العيش. وأخيراً، درس النظم البيئية لأفريقيا وأمريكا الشمالية ووجد بأن الدواب المفترسة ذات الدم الحار كانت تأكل ستة إلى ثمانية أضعاف لكل رطل من وزنها أكثر من نظيراتها الزاحفة.من خلال دراسة سجل المتحجرات، لاحظ باكير بأن نسبة الحيوانات المفترسة إلى آكلات الأعشاب في النظم البيئية الديناصورية كانت تطابق ما هو متوقع للنظام البيئي لحيوانات ذات دم حار.

لا بد أن الديناصورات كانت ذات دم حار، إذن. فعظامها، أعدادها النسبية، وأماكن عيشها دلت جميعاً على ذلك.

درس باكير سيقان حيوانات الحديقة، مقارناً تركيب الساق بطريقة حركتها. هل كانت ساق الدجاجة تنثني بخلاف ساق الحمار الوحشي؟ ما كانت علاقة هذه الاختلافات بالنشاط المختلف لكل حيوان؟ كيف كان الشكل يملي بالوظيفة بالنسبة لكل حيوان،

وكيف كانت الوظيفة تملي بالشكل؟ ماذا قال شكل مفاصل ديناصور ما وحجم عظامه عن الكيفية التي تحرك وتوظف بها؟ خلال رسوماته، حاول باكير أن يضع في الاعتبار هذه الحركة وما تنطوي عليه من كتل عضلية محتملة للسيطرة على كل عظم وتحريكه.

قارن باكير حجم وشكل وكثافة عظم الساق لمئات من الحيوانات الحديثة مع نظيراتها لعظام سيقان الديناصورات، فوجد بأن الأخيرة كانت تتناسب مع التركيب العظمي للثدييات الراكضة- ليست تلك التي تعدو حين إحساسها بالخطر عدواً سريعاً لا يتعدى عشرة ثوان فقط، بل تلك التي تركض بانتظام لعشرين دقيقة.

كانت الديناصورات كائنات راكضة. فتركيبها قد اثبت ذلك. كما دل هذا على أنها كانت يقظة ورشيقة، إذ لا يعقل للأحمق والمتلكئ والأخرق أن يصبح عدّاءاً بالفطرة!

رجع باكير إلى سجل المتحجرات من جديد ولاحظ بأن القليل فقط من الهياكل الصغيرة والفتية قد اكتشف. هذا يعني بأن القليل منها قد توفي، مما يعني بدوره أن الديناصورات لا بد كانت موفقة جداً في دورها الأبوي بحماية وتغذية وإيواء صغارها. لقد كانت الديناصورات ربات أسر جيدة.

بهذا، قوِّضت الأساطير القديمة جميعها. ونشر باكير اكتشافاته وهو لا يزال طالباً للدراسات العليا بجامعة هارفارد. لكن انقضت عشرون سنة أخرى من الجمع المكثف للبيانات والتحليل الدقيق حتى يميل مد التصديق أخيراً باتجاه باكير، بل وحتى عندما أثارت اكتشافات باكير ثورة في نظرة العلماء للديناصورات، فإنه كان يُنظر إليه بنظرات الشك والريبة على اعتباره راديكالياً غير جدير الثقة والتصديق.

حقائق طريفة: أصبحت البرونتوسوروس Brontosaurus العملاقة الأكثر شعبية من بين الديناصورات بأواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، ويعني اسمها « سحلية الرعد». في عام 1970م، طالبَ بعض العلماء بعدم استعمال اسم «برونتوسورس» طالما أنه أشار إلى ثلاثة أنواع مختلفة: اباتوسوروس Apatosaurus، براكيوسوروس Brachiosaurus، وكاماراسوروس Camarasaurus. لا زال الجدال محتدماً رغم مرور 80 مليون سنة منذ أن جال أي منها الأرض.

توجد كواكب حول النجوم الأخرى

Planets Exist Around Other Stars

سنة الاكتشاف 1995م

ما هذا الاكتشاف؟ توجد كواكب –حتى كواكب مثل الأرض– حول النجوم الأخرى

من المكتشف؟ ميشيل مايور Michel Mayor وديدية كويلوز Didier Queloz

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

لطالما كان أحد أعظم الأسئلة التي راودت البشرية: هل نحن لوحدنا؟ منذ زمن بعيد والعلماء يتساءلون: هل نحن النظام الشمسي الوحيد في امتلاكه للكواكب – والوحيد بكواكب يمكن أن توفر ظروف الحياة؟ أصبح وجود كواكب أخرى تدعم ظروف الحياة أمراً ممكناً بعد اكتشاف كواكب حول نجوم أخرى في الفضاء الشاسع.

يُعتبر اكتشاف نظم شمسية أخرى أمراً بالغ الأهمية بالنسبة للفلكيين، فهو يسمح لهم باختبار نظرياتهم حول أصل الكواكب والنظم الشمسية. لقد غيّر اكتشاف الكواكب البعيدة من طريقة إدراكنا لموقعنا في الكون تغييراً جوهرياً.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

في القرن السادس قبل الميلاد، كان العالم الإغريقي اناكسيماندر Anaximander أول من افترض وجود كواكب أخرى. وفي عام 1600م، لاقى الكاهن والفلكي الإيطالي جيوردانو برونو حتفه حرقاً من قِبل الكنيسة الكاثوليكية جزاء الإقرار بالفكرة ذاتها. تغيَّر الزمان والمكان، وشهدت أواخر الأربعينات من القرن المنصرم بحثاً مضنياً ودؤوباً للفلكيين الأمريكيين عن كواكب تدور في أفلاك نجوم أخرى مستعملين تلسكوبات عملاقة لهذا الغرض.

ولد ميشيل مايور Michel Mayor عام 1942م واستهواه عالم النجوم والفلك منذ نعومة أظفاره. انضم مع شريكه أنتوني دوكوينوي Antonie Duquennoy إلى كوكبة الفلكيين الباحثين عن أجسام صغيرة في الكون. لكن مايور لم يبحث عن الكواكب، بل عن

الأقزام البنية – أجسام معتمة باردة يعتقد أنها تتكون كالنجوم ولكن تفشل في النمو بالكبر الذي يؤهلها لاحتواء اندماج الهيدروجين، وبالتالي لا تتقد أبداً بالفرن النجمي وناره. كبيرة جداً على الكواكب، صغيرة جداً على النجوم، كانت الأقزام البنية بمثابة غرابة مجرية.

على أية حال، كان الفلكيون يعانون من مشكلة: لا تقدر التلسكوبات على رؤية الكواكب والأقزام البنية كونها لا تشع ضوءاً. بدلاً من ذلك، بحث الباحثون عن ترنحات جانبية ضئيلة في حركة النجم ناتجة عن قوة السحب التجاذبي لكوكب كبير (أو قزم بني).

حاول البعض تقصي هذا الترنح بقياس موقع النجم بعناية على مر شهور أو سنوات، بينما تعامل البعض الآخر (و من ضمنهم مايور) مع الترنح باستعمال انزياح دوبلر وقياس انزياحات صغيرة على المخطط الطيفي في لون الضوء الآتي من النجم والتي تنجم عن تغييرات في حركة النجم باتجاه أو بعيداً عن الأرض.

عقب وفاة دوكوينوي عام 1993م، اشترك مايور مع الطالب في الدراسات العليا ديديه كويلوز Didier Queloz وطوَّرا مطيافا جديداً أكثر حساسية للبحث عن الأقزام البنية. كان مطيافهما قادراً على قياس تغيرات بالسرعة بصغر 13 م/ثا– ذاتها الحاصلة تقريباً في حركة شمسنا بفعل قوة السحب التجاذبي لكوكب المشتري.

لكن افترض الجميع بأن هكذا كواكب عملاقة ستحتاج سنوات لتدور في فلك نجم ما (كما تفعل في نظامنا)، وبهذا فإن الترنح بفعل قوة سحب هكذا كوكب سيحتاج سنوات من البيانات لملاحظته. لم يخطر لمايور قط أن يستعمل مطيافه الجديد ويستهلك بضعة شهور قيّمة من الوقت على تلسكوب للبحث عن كوكب.

منطلقَين اعتباراً من نيسان (أبريل) عام 1994م، ومستعملَين مرصد مقاطعة هايوت جنوبي فرنسا، اختبر مايور وكويلوز مطيافهما على 142 نجماً قريباً، أملاً في تقصي ترنح ما يدلهم على وجود جسم مجاور ضخم مثل قزم بني. في كانون الثاني (يناير) عام 1995م، وقعت عين كويلوز على نجم واحد، بيغ–51 Peg-51 (النجم الألمع الواحد والخمسون في مجموعة بيغاسوس). لقد اهتز! لقد اهتز أماماً وخلفاً كل 4,2 يوماً.

فحص مايور وكويلوز ضوء النجم للتأكد من عدم نبضه، كما فحصا فيما لو كان لبقع من الشمس أن تخلق هكذا ترنح ظاهري، أو أن النجم بيغ–51 كان في حالة انتفاخ

وتقلص توحي للمراقب بأنه في حالة اهتزاز. لكن لا شيء كان سبباً وراء اهتزاز بيغ-51 سوى جسم كبير ما يدور في فلكه.

بناء على مقدار اهتزاز بيغ-51، قاما بحساب كتلة الجسم وأدركا بأنه صغير جداً ليكون قزما بنيا. لا بد أنه كان كوكباً! لقد اكتشفا كوكباً خارج مجموعتنا الشمسية.

بحلول عام 2005م، تم تحديد موقع بضع مئات من الكواكب الأخرى- عمالقة غازية تسرع حول مدارات بحجم العطارد، بعض الكواكب الصخرية الدافئة، مدارات فاترة الطقس، بل وحتى بعض الكواكب الهاوية في الفضاء دون أن تصادق نجماً فتدور في فلكه. الأرض بالتأكيد ليست وحيدة، حظي مايور وكويلوز بشرف اكتشاف برهان على هذه الحقيقة الأخّاذة.

حقائق طريفة: لو امتلك نجم واحد من كل عشرة نجوم كواكب (و تشير المعلومات الحالية أن هذا هو الحاصل على أقل تقدير)، وبالمحصلة، لو كان للنجم ثلاثة كواكب على الأقل، ولو كان كوكب واحد فقط من كل مائة كوكب صخرياً بطبيعته وبمدار مساند للحياة (و تشير الاكتشافات الحديثة إلى حقيقة هذا الاحتمال)، فالنتيجة ستكون 300000 كوكب قادر على دعم الحياة في مجرتنا لوحدها*!

* يقدر إجمالي عدد المجرات في الكون بـ 125 بليون مجرة. طبقا لهذه الحسابات فإن الكون يحوي 375×10^{14} كوكباً مؤهلاً لإيواء الحياة على الأقل!- المترجم.

الكون المتسارع

Accelerating Universe

سنة الاكتشاف 1998م

ما هذا الاكتشاف؟ إن كوننا لا يتمدد فقط، بل إن سرعة تمدده في ازدياد مستمر، وليست في انتقاص مستمر كما افترض

من المكتشف؟ ساول بيرلمتير Saul Perlmutter

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

احتدم جدال كبير بعد اكتشاف إيدوين هابل بأن الكون في حالة تمدد: هل إن هذا التمدد في حالة تباطؤ بحيث يتوقف في الأخير ويبدأ الكون بالانكماش؟ اكتشف ساول بيرلمتير بأن تمدد الكون يتسارع بحقيقته، محطما بذلك جميع ما تواجد من نماذج علمية لحركة الكون. الكون يتمدد أسرع الآن مما كان عليه في أي وقت مضى، إنه يمزق نفسه أمام عجز الجاذبية عن إبطاء هذا التمدد على خلاف المتوقع.

خلق هذا الاكتشاف تغييراً جسيماً في الكيفية التي ينظر بها العلماء إلى الكون، ماضيه، ومستقبله. لقد أثَّر في حسابات الانفجار الكبير بل وحتى في نظرة العلماء إلى ماهية تركيب الكون. وصفت *Journal of Science* «مجلة العلم» هذا الاكتشاف عام 1998م بـ«الإنجاز العلمي الأكبر للعام ».

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اكتشف إيدوين هابل أن الكون يتمدد عام 1926م. بنى العلماء من جانبهم نماذج جديدة تفترض أن التمدد في حالة تباطؤ بفعل قوة سحب الجاذبية على النجوم والمجرات وبالتالي تقريبها عن بعضها البعض.

بدا هذا النموذج منطقياً، ولكن بقيت بعض المشاكل العالية التقنية موجودة في الرياضيات المرافقة لهذا النموذج. حاول آينشتاين أن يفسر هذه المسائل باستحداث شيء ما أطلق عليه «الثابت الكوني»– قوة تعاكس الجاذبية. لكنه رفض هذه الفكرة بعد ذلك معتبراً إياها الخطأ العلمي الأفدح له.

بعد حصوله على شهادة الـPh.D في الفيزياء عام 1986م، عمل ساول بيرلمتير بمختبر لورينس بيركلي الوطني وترأس مشروع السوبرنوفا الكوني، حيث عملوا على استعمال تلسكوب هابل الفضائي للعثور على السوبرنوفا البعيدة (النجوم المنفجرة) ودراستها. كان اختيارهم للسوبرنوفا مبنياً على كونها الأجسام الأكثر بريقاً في الفضاء. فالسوبرنوفا نوع Ia تنتج كمية ثابتة من الضوء، ومن المعتقد بأن جميع السوبرنوفا من هذا النوع تومض بنفس البريق تقريباً. هذا ما جعلها نموذجية لدراسة بيرلمتير.

على مر عشر سنوات من عام 1987 إلى 1997م، طوَّر بيرلمتير تقنية للتعرف على السوبرنوفا بالمجرات البعيدة ولتحليل الضوء الناجم عنها. بحث فريقه عشرات الألوف من المجرات ليعثروا على بضع من السوبرنوفا نوع Ia .

عندما وجد بيرلمتير سوبرنوفا من نوع Ia، فإنه قام بقياس شدة لمعانها ليحدد بعدها عن الأرض (كلما كانت أشد لمعاناً، كلما كانت أقرب إلينا)، كما قاس أيضاً الانزياح الأحمر لضوء السوبرنوفا – وهي تقنية تعتمد على مبدأ انزياحات دوبلر. إذا كان نجم ما يتحرك باتجاه الأرض، فإن الضوء الصادر عنه سينضغط وينحرف لونه قليلاً نحو الأزرق. ولو كان النجم يتحرك بعيداً، فإن الضوء الصادر عنه سيتمدد وينحرف لونه نحو الأحمر. يزداد هذا الانزياح اللوني بازدياد سرعة النجم. من خلال قياس الانزياح الأحمر للسوبرنوفا، تمكن بيرلمتير من حساب سرعة النجم بعيداً عن الأرض.

حان الآن دور الجزء الصعب من المسألة. يمكن لعوامل أخرى أن تسبب انزياحاً أحمر، وكان على بيرلمتير أن يثبت بأن ما قاسه من انزياحات حمراء كانت نتيجة لحركة النجم وحدها بعيداً عن الأرض، وإلا فإنه يمكن للغبار الكوني أن يمتص بعض الضوء ويحرف بلونه، كما أن لبعض المجرات مسحة لونية إجمالاً بحيث يمكنها أن تشوه لون الضوء الصادر عن السوبرنوفا. كان على بيرلمتير وفريقه أن يستطلعوا ويفحصوا ويستثنوا بضعة مصادر محتملة للخطأ.

و أخيراً، بأوائل عام 1998م، كان بيرلمتير قد جمع بيانات موثوقة عن البعد والسرعة لعدد من السوبرنوفا Ia المنتشرة عبر السماء. كانت جميعها تتحرك بسرع فائقة بعيداً عن الأرض.

استخدم بيرلمتير نماذج رياضية ليبين بأن من غير الممكن لهذه المجرات أن تكون متنقلة بهذه السرعات الحالية منذ الانفجار الكبير، وإلا لكانت أبعد بكثير مما هي عليه الآن.

الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تصادق على صحة بيانات بيرلمتير كانت باعتبـار أن هـذه المجرات متحركة الآن بأسرع من الماضي.كانت هذه المجرات تتسارع في حركتها، ولا تتباطأ. فحري بالكون، إذن، أن يكون متمدداً بسرعة متزايدة!

أظهر اكتشاف بيرلمتير انه لا بد من وجود قوة ما جديدة غير معروفة (سميت بـ «الطاقة المعتمة أو السوداء » من قبل مايكل تيرنر Michael Turner عـام 2000م) تدفع بالمادة خارجاً (النجوم، المجرات...الخ). أظهر بحث مؤخرا بأن الكون مملـوء بهـذه «الطاقة المعتمة» وذلك باستعمال أقمار صناعية جديدة ومصممة لهذا الغرض (تقول بعض التقديرات بأن ثلثي مجموع الطاقة في الكون هي طاقة سوداء). على مر السنوات القليلة القادمة، سيعيد هذا الاكتشاف كتابة نظريات الإنسان حول أصل وتركيب الفضاء.

حقائق طريفة: هنالك تلسكوب جديد بكلفة 20 مليون دولار أمريكي في القطب الجنوبي تم إنشاؤه عام 2007م لغرض دراسة وتفسير سبب تسارع الكون، طالما أن هذا الاكتشاف يخرق جميع ما هو متواجد من نظريات حول ولادة وتمدد الكون.

الجينوم البشري

Human Genome

سنة الاكتشاف 2003م

ما هذا الاكتشاف؟ رسم مفصل لخريطة الشفرة الوراثية لـDNA الإنسان كاملة

من المكتشف؟ جيمس واطسون James Watson وجَي. كريغ فينتر J. Craig Venter

لماذا يُعَد هذا الاكتشاف ضمن المائة العظمى؟

دعي فك الشفرة الوراثية للإنسان، الجينوم البشري، بالاكتشاف العلمي الكبير الأول في القرن الحادي والعشرين، و«الكأس المقدسة» لعلم الأحياء. يعتبر الـDNA المخطط لبناء الكائن الحي وتشغيله والمحافظة عليه. فهو الذي يوجِّه تحَّور البيضة المخصبة إلى كائن بشري متكامل ومعقد، ولا شك أن فك تلك الشفرة يعتبر مفتاحاً لفهم كيفية توجيه الخلية لتتطور وتنمو، بل المفتاح لفهم الحياة بذاتها.

نظراً لتعقد الجينوم البشري تعقيداً يفوق الخيال، بدا مستحيلاً فك الثلاثة بلايين عنصر مكوِّن لهذه الشفرة الجزيئية. مع ذلك، فإن هذا المجهود الهرقلي الجبار قد قاد تواً إلى إنجازات طبية خارقة في مجالات علاج العيوب الوراثية والأمراض المتوارثة. كما ويعتبر فاتحة لاكتشافات مستقبلية حول التشريح البشري والصحة البشرية. لقد وسع فهم هذا الجينوم تقديرنا لما يجعل منا فريدين من نوعنا وما يربطنا بالأنواع الحية الأخرى.

كيف جاء هذا الاكتشاف؟

اكتشف الراهب النمساوي غريغور مندل مفهوم الوراثة عام 1865م، مطلقاً بذلك حقلا جديداً في العلم يعرف بعلم الوراثة. وفي العام 1953م، اكتشف فرانسيس كريك وجيمس واطسون الشكل الحلزوني المزدوج لجزيئة الـDNA الحاملة لجميع الأوامر والتعليمات الوراثية.

كانت المشكلة تكمن في وجود البلايين من التعليمات الوراثية ضمن الشفرة الوراثية الكاملة للإنسان، أو الجينوم. فهم هذه التعليمات جميعها بدا مهمة مستحيلة من المفهوم

البنيوي أو الفيزيائي للإنسان، فالقيام بتسلسل كامل الجينوم البشري كان بمثابة مشروع يفوق أي مشروع بيولوجي سبق تجريبه ضخامة وصعوبة بحوالي 20000 مرة.

حظي تشارلز دي ليسي Charles De Lisi في قسم الولايات المتحدة للطاقة DOE بأولى التمويلات الحكومية للبدء بهذا المشروع التذكاري الضخم، وذلك عام 1987م. بحلول عام 1990م، اتحد قسم الطاقة مع المعاهد الوطنية للصحة NIH لتكوين منظمة جديدة تحت اسم الائتلاف العالمي لتسلسل الجينوم البشري IHGSC. استدعي جيمس واطسون (الشهير باكتشافه للـDNA) لترؤس المشروع ومُنح خمسة عشر عاماً كمهلة لتكملة هذه المهمة الجبارة.

أعتقد العلماء حينذاك بأن الـDNA البشري يحتوي على 100000 مورثة موزعة على 23 كروموسوماً ومثبتة ضمن الحلزون المزدوج للـDNA، حيث تتماسك ببعضها بواسطة 3 بلايين من القواعد المزدوجة من الجزيئات. كانت مهمة واطسون تقتضي تعيين وتفسير وترتيب كل مورثة على كل كروموسوم، وكذلك كل واحدة من هذه البلايين من القواعد المزدوجة.

بالطبع، كانت القابلية على تعيين وتسلسل المزدوجات موجودة، لكن مشكلة واطسون كانت تكمن في الحجم. فباستعمال التقنية الموجودة عام 1990م، كانت مهمة تعيين وتسلسل هذه البلايين الثلاثة من المزدوجات ستستغرق آلافاً من السنين في حال اضطلعت بها جميع المختبرات معاً.

قرر واطسون البدء بخرائط كبيرة المقياس لما كان معروفاً عن الكروموسومات ومن ثم يهبط نحو تفاصيل المزدوجاتِ المنفصلة. فقام بتوجيه جميع العلماء بالـIHGSC للعمل على رسم خرائط بنيوية وترابطية للكروموسومات الثلاثة والعشرين، والتي من شأنها أن توفر نظرة عامة على الجينوم البشري وتحتوي على تلك «القصاصات» القليلة من التسلسلات الوراثية الحقيقية التي كانت معروفة للتو.

انتهى هذا المجهود الأول بحلول عام 1994م. أمر واطسون علماء الـIHGSC بتخطيط الجينوم الكامل للأنواع الحياتية الأبسط على الأرض والمعرّفة لهم بشكل أفضل بغية تحسين وتنقيح تقنيتهم قبل محاولة العمل على الجينوم البشري. اختار علماء الـIHGSC بدورهم ذبابة الفاكهة (المدروسة بشكل موسَّع منذ عام 1910م)، *E.coli*

(البكتيريا المعوية المعروفة)، عفون الخبز، والديدان الخيطية البسيطة. بمنتصف التسعينات من القرن الماضي، بدأ العمل على تخطيط عشرات الملايين من القواعد المزدوجة المؤلفة لهذه الجينومات البسيطة.

على أية حال، لم يوافق جميع البيولوجيين على هذه الطريقة. فقد آمن جَي. كريغ فينتر J. Craig Venter (المرتِّب الجيني بمعاهد الصحة) بأن العلماء كانوا سيهدرون سنوات ثمينة وهم يركِّزون على «الصورة الكبيرة» لواطسون في حين كان عليهم أن يرتبوا كل ما يقدرون عليه من أجزاء محددة دقيقة من الجينوم ومن ثم يقومون بإلحاق هذه التسلسلات المنفردة ببعضها لاحقاً.

اندلعت حرب بين واطسون (ممثلاً لطريقة «من الأعلى نحو الأسفل») وفينتر (ممثلاً لطريقة «من الأسفل نحو الأعلى»). أطلقت تهم وألفاظ نابية من الطرفين بجلسات الكونغرس والاجتماعات التمويلية وفي الصحافة.

تخلى فينتر عن منصبه الحكومي وشكّل شركة خاصة بنفسه للقيام بكل ما يقدر عليه من ترتيب وتسلسل جينومي في طليعة جهود الـIHGSC. في عام 1998م، صدم فينتر العالم بتصريحه نيته استعمال كومبيوترات خارقة مترابطة لتكملة تسلسله لكامل الجينوم البشري بحلول 2002م، أي بثلاث سنوات قبل الجدول الزمني للـIHGSC.

بأوائل عام 2000م، تدخَّل الرئيس الأمريكي بيل كلينتون لإنهاء الحرب المحتدمة بين الطرفين وانضوائهما تحت جهد جينومي موحَّد. في عام 2003م، أصدر هذا الفريق الموحد تقريره التمهيدي، تضمن تفصيلا للتسلسل الكامل للجينوم البشري. تحريريا، كان ذاك الجينوم سيملأ 150000 صفحة مطبوعة (500 كتاب، كل واحد بـ 300 صفحة).

المثير للدهشة، أن هؤلاء العلماء وجدوا بأن البشر يملكون 25000 إلى 28000 مورثة (نزولا من 100000 افترضت سابقاً)، وبأن التسلسل الوراثي البشري يختلف عن العديد من الأنواع الحياتية الأخرى بنسب مئوية قليلة فقط.

رغم أن المعلومات عن هذا التسلسل الوراثي لا تتعدى سنوات قليلة، إلا أنها ساعدت الباحثين الطبيين على تحقيق خطوات تقدمية كبيرة في مجال التعامل مع العديد من الأمراض والعاهات الولادية، ومن المزمع أن يتم الكشف عن قيمته الكاملة في إنجازات طبية كبيرة على مر العشرين إلى الخمسين سنة قادمة.

حقائق طريفة: لو تم تدوين تسلسل الـDNA للجينوم البشري في كتب، سيحتاج الأمر إلى ما يساوي مائتي مجلد بحجم دليل مانهاتن للهاتف (كل منها بألف صفحة)*.

* من العجائب التي أفضت بها قراءة الجينوم البشري أن البشر يتشاركون بـ99,9% من تسلسلهم الجيني. أي أن جميع الاختلافات التي تميزنا عن غيرنا من حجم وشكل وصحة و ... الخ مردها هذه 0,1% من الاختلاف الجيني. ترى هل هذا هو السبب وراء نسب 99,9% الشهيرة في الكثير من انتخابات العالم الثالث؟!- المترجم.

الملحق رقم 1

الاكتشافات حسب الحقل العلمي

تحتوي هذه الجداول على الاكتشافات العلمية المائة العظمى مقسَّمة على حقولها المناسبة بحيث يسهل للقراء تعيين الاكتشافات العائدة للموضوع ذاته على انفراد. تم ترتيب الاكتشافات ضمن كل حقل من هذه الحقول ترتيبا زمنيا.

العلوم الفيزيائية

الاكتشاف	العالم المكتشف	السنة
علم الفلك		
الكون شمسي المركز	كوبرنيكوس، نيكولاس	1520
المدارات الحقيقية للكواكب	كبلر، يوهانيس	1609
تمتلك كواكب أخرى أقماراً	غاليلي، غاليليو	1610
البعد عن الشمس	كاسيني، جيوفاني	1672
المجرات	رايت، توماس	1750
	هيرشيل، وليام	1750
الثقب الأسود	شفارتزتشيلد، كارل	1916
	ويلر، جون	1971
الكون المتمدد	هابل، إيدوين	1926
الانفجار الكبير	غاموف، جورج	1948
الكوازار	سانديج، آلان	1963
النجم النابض	بيل، جوسيلين	1967
	هيوش، انتوني	1967

المادة المعتمة	روبن، فيرا	1970
الكواكب حول نجوم أخرى	مايور، ميشيل	1995
	كويلوز، ديديه	1995
الكون المتسارع	بيرلمتير، ساول	1998

الكيمياء

قانون بويل	بويل، روبرت	1662
الأوكسجين	بريسلي، جوزيف	1774
الارتباط الكهرومغناطيسي	دايفي، همفري	1806
الجزيئات	أفوكادرو، أميديو	1811
التواقيع الضوئية الذرية	بونزن، روبرت	1859
	كيرخوف، روبرت	1859
الجدول الدوري	مندلييف، ديمتري	1880
النشاط الإشعاعي	كوري، ماري و بيير	1901
التاريخ بالنشاط الإشعاعي	بولتوود، بيرترام	1907
النظائر	سودي، فريدريك	1913

الفيزياء

العتلات و الطفو	أرخميدس	260 ق.م.
قانون الأجسام الساقطة	غاليلي، غاليليو	1598
ضغط الهواء	توريتشيللي، إيفانجليستا	1640
الجذب العام	نيوتن، إسحق	1666

قوانين الحركة	نيوتن، إسحق	1687
طبيعة الكهرباء	فرانكلين، بنجامين	1752
حفظ المادة	لافوازيه، أنطوان	1789
طبيعة الحرارة	رمفورد، الكونت	1790
الأشعة تحت الحمراء	هيرشيل، فريدريك	1800
الأشعة فوق البنفسجية	ريتر، يوهان	1801
الذرات	دالتون، جون	1802
الكهرومغناطيسية	أورستيد، هانز	1820
السعرة	جول، جيمس	1843
حفظ الطاقة	هيلمهولتز، إتش. فون	1847
تأثير دوبلر	دوبلر، كريستيان	1848
الإشعاع الكهرومغناطيسي	ماكسويل، جيمس	1864
الأشعة السينية	رينتغن، فلهيلم	1895
معادلة الطاقة	آينشتاين، ألبرت	1905
النسبية	آينشتاين، ألبرت	1905
التوصيلية الفائقة	أونيس، هيك	1911
الارتباط الذري	بور، نيلز	1913
نظرية الكَمْ	بورن، ماكس	1925
مبدأ اللادقة	هايزنبرغ، فيرنر	1927
سرعة الضوء	ميكلسون، ألبرت	1928
المادة المضادة	ديراك، باول	1929

النيوترون	تشادويك، جيمس	1932
القوة القوية	يوكاوا، هيديكي	1937
الانشطار النووي	مايتنر، ليز	1939
	هان، أوتو	1939
الترانزستور الشبه موصل	باردين، جون	1947
تعريف المعلومات	شانون، كلود	1948
الاندماج النووي	بيته، هانز	1951
	سبتزر، ليمان	1951
الكوارك	غيلّ-مان، موري	1962
القوة الضعيفة	روبيا، كارلو	1983

علوم الأرض

الاكتشاف	العالم المكتشف	السنة
تيار الخليج	فرانكلين، بنجامين	1770
	همبولت، أي. فون	1814
التعرية (تأثير الطقس)	هَتون، جيمس	1792
العصور الجليدية	أغاسيز، لويس	1837
	ميلانكوفيتش، ميلوتين	1920
طبقات الغلاف الجوي	دي بورت، إل. تيسيرين	1902
خطوط الصدع	ريد، هاري	1911
لب الأرض	غوتنبرغ، بينو	1914

الانجراف القاري	فيغنر، ألفريد	1915
النظام البيئي	تانسلي، آرثر	1935
انتشار قاع البحر	هيس، هاري	1957
نظرية الفوضى	اوريتز، إد	1960

علوم الحياة

الاكتشاف	العالم المكتشف	السنة
الأحياء		
الخلايا	هوك، روبرت	1665
المتحجرات	ستينو، نيكولاس	1669
البكتيريا	ليفنهوك، أنتون فان	1680
نظام التصنيف	لينيوس، كارل	1735
البناء الضوئي	إنغينهاوس، يان	1779
متحجرات الديناصورات	بوكلاند، وليام	1824
	مانتيل، جيديون	1824
النظرية الجرثومية	باستير، لويس	1856
الحياة في أعماق البحار	ثومسون، تشارلز	1870
انقسام الخلايا	فليمينغ، والذر	1882
الفيروس	إيفانوفسكي، ديميتري	1898
	بيجيرينيك، مارتينوس	1898
تركيب الخلية	كلود، ألبير	1933

أصول الحياة	ميلر، ستانلي	1952
طبيعة الديناصورات	باكير، روبرت	1976

التطور و التشريح البشري

التشريح البشري	فازيلِيَس، اندرياس	1543
التطور الحيوي	داروين، تشارلز	1858
الوراثة	مندل، غريغور	1865
المايتوكوندريا	بيندا، كارل	1898
الطفرات الوراثية	مورغان، توماس	1909
الناقلات العصبية	ليرفي، أوتو	1921
	فالدر- هارتز، هينريك	1921
التطور البشري	دارت، رايموند	1924
السيلاكانث	سميث، جَي. إل. بي	1938
المورِّثات المتقافزة	مكلينتوك، باربارا	1950
DNA	كريك، فرانسيس	1953
	واطسون، جيمس	1953
	فرانكلين، روزاليند	1953
التطور الكامل	مارغوليس، لين	1967
الجينوم البشري	فينتر، كريغ	2003
	واطسون، جيمس	2003

العلم الطبي

جهاز الدوران البشري	هارفي، وليام	1628
التلقيحات	جينر، إدوارد	1794
	مونتاغو، السيدة ماري	1798
التخدير	دايفي، همفري	1801
الكلوروفورم (تخدير)	سيمبسون، يونغ	1801
الإيثر (تخدير)	لونغ، كراوفورد	1801
أنواع الدم	لاندشتاينر، كارل	1897
الهورمونات	بايليس، وليام	1902
	ستارلنغ، إرنست	1902
الفيتامينات	هوبكنز، فريدريك	1906
	آيكمان، كريستيان	1906
المضادات الحيوية	إيرليخ، باول	1910
الإنسولين	بانتنغ، فريدريك	1921
البنسلين	فليمينغ، ألكسندر	1928
المورِّثات	بيدل، جورج	1934
الأيض (دورة كريبس)	كريبس، هانز	1938
بلازما الدم	درو، تشارلز	1940

الملحق رقم 2: العلماء

يعتبر هذا الجدول قائمة أبجدية بأسماء العلماء الذين أُبرزوا في مناقشات الاكتــشافات المائة العظمى. أُدرج كل مع اكتشافه و العام الذي شهد حدوث الاكتشاف.

العالم المكتشف	الاكتشاف	السنة
أبيل، جون	الهورمونات	1898
أرخميدس	العتلات و الطفو	260 ق.م.
أغاسيز، لويس	العصور الجليدية	1837
أفوكادرو، أميديو	الجزيئات	1811
إنغينهاوس، يان	البناء الضوئي	1779
أورستيد، هانز	الكهرومغناطيسية	1820
لوريتز، إد	نظرية الفوضى	1960
أونيس، هيك	التوصيلية الفائقة	1911
آيكمان، كريستيان	الفيتامينات	1906
إيرليخ، باول	المضادات الحيوية	1910
إيفانوفسكي، ديميتري	الفيروس	1898
آينشتاين، ألبرت	معادلة الطاقة	1905
آينشتاين، ألبرت	النسبية	1905
باردين، جون	الترانزستور الشبه موصل	1947
باستير، لويس	النظرية الجرثومية	1856
باكير، روبرت	طبيعة الديناصورات	1976
بانتنغ، فريدريك	الإنسولين	1921

بايليس، وليام	الهورمونات	1902
بريسلي، جوزيف	الأوكسجين	1774
بونزن، روبرت	التواقيع الضوئية الذرية	1859
بور، نيلز	الارتباط الذري	1913
بورن، ماكس	نظرية الكَمْ	1925
بوكلاند، وليام	متحجرات الديناصورات	1824
بولتوود، بيرترام	التاريخ بالنشاط الإشعاعي	1907
بويل، روبرت	قانون بويل	1662
بيته، هانز	الاندماج النووي	1951
بيجيرينيك، مارتينوس	الفيروس	1898
بيدل، جورج	المورِّثات	1934
بيرلمتير، ساول	الكون المتسارع	1998
بيل، جوسيلين	النجم النابض	1967
بيندا، كارل	المايتوكوندريا	1898
تاتوم، إدوارد	المورِّثات	1934
تاكاميني، جوكيشي	الهورمونات	1900
تانسلي، آرثر	النظام البيئي	1935
تشادويك، جيمس	النيوترون	1932
توريتشيللي، إيفانجليستا	ضغط الهواء	1640
ثومسون، تشارلز	الحياة في أعماق البحار	1870
جول، جيمس	السعرة	1843

غيلّ-مان، موري	الكوارك	1962
جينر، إدوارد	التلقيحات	1794
دارت، رايموند	التطور البشري	1924
داروين، تشارلز	التطور الحيوي	1858
دالتون، جون	الذرات	1802
دايفي، همفري	الارتباط الكهرومغناطيسي	1806
دايفي، همفري	التخدير	1801
درو، تشارلز	بلازما الدم	1940
دوبلر، كريستيان	تأثير دوبلر	1848
دي بورت، إل.تيسيرين	طبقات الغلاف الجوي	1902
ديراك، باول	المادة المضادة	1929
رايت، توماس	المجرات	1750
رمفورد، الكونت	طبيعة الحرارة	1790
روبن، فيرا	المادة المعتمة	1970
روبيا، كارلو	القوة الضعيفة	1983
ريتر، يوهان	الأشعة فوق البنفسجية	1801
ريد، هاري	خطوط الصدع	1911
رينتغن، فيلهيلم	الأشعة السينية	1895
سانديج، آلان	الكوازار	1963
سبتزر، ليمان	الاندماج النووي	1951
ستارلنغ، إرنست	الهورمونات	1902

شفارتزتشيلد، كارل	الثقب الأسود	1916
ستينو، نيكولاس	المتحجرات	1669
سميث، جَي. إل. بي	السيلاكانث	1938
سودي، فريدريك	النظائر	1913
سيمبسون، يونغ	الكلوروفورم (تخدير)	1801
شاربي–شافير، إدوارد	الهورمونات	1894
شانون، كلود	تعريف المعلومات	1948
غاليلي، غاليليو	تمتلك كواكب أخرى أقماراً	1610
غاليلي، غاليليو	قانون الأجسام الساقطة	1598
غاموف، جورج	الانفجار الكبير	1948
غوتنبرغ، بينو	لب الأرض	1914
فرانكلين، بنجامين	طبيعة الكهرباء	1752
فرانكلين، بنجامين	تيار الخليج	1770
فرانكلين، روزاليند	DNA	1953
فليمينغ، ألكسندر	البنسلين	1928
فليمينغ، والذر	انقسام الخلايا	1882
فيرمي، إنريكو	الانشطار النووي	1939
فازيليَس، اندرياس	التشريح البشري	1543
فينتر، كريغ	الجينوم البشري	2003
كاسيني، جيوفاني	البعد عن الشمس	1672
كبلر، يوهانيس	المدارات الحقيقية للكواكب	1609

كريبس، هانز	الأيض (دورة كريبس)	1938
كريك، فرانسيس	DNA	1953
كلود، ألبير	تركيب الخلية	1933
كوبرنيكوس، نيكولاس	الكون شمسي المركز	1520
كورتيناي-لاتمير، مارغوري	السيلاكانث	1938
كوري، ماري و بيير	النشاط الإشعاعي	1901
كويلوز، ديديه	الكواكب حول نجوم أخرى	1995
كيرخوف، روبرت	التواقيع الضوئية الذرية	1859
لافوازيه، أنطوان	حفظ المادة	1789
لاندشتاينر، كارل	أنواع الدم	1897
لونغ، كراوفورد	الإيثر (تخدير)	1801
ليفنهوك، أنتون فان	البكتيريا	1680
ليمان، إنج	لب الأرض	1938
لينيوس، كارل	نظام التصنيف	1735
ليرفي، أوتو	الناقلات العصبية	1921
مارغوليس، لين	التطور الكامل	1967
ماكسويل، جيمس	الإشعاع الكهرومغناطيسي	1864
مانتيل، جيديون	متحجرات الديناصورات	1824
مايور، ميشيل	الكواكب حول نجوم أخرى	1995
مكلينتوك، باربارا	المورِّثات المتقافزة	1950
مندل، غريغور	الوراثة	1865

مندلييف، ديمتري	الجدول الدوري	1880
مورغان، توماس	الطفرات الوراثية	1909
مونتاغو، السيدة ماري ورتلي	السيلاكانث	1798
ميتنر، ليز	الانشطار النووي	1939
ميكلسون، ألبرت	سرعة الضوء	1928
ميلانكوفيتش، ميلوتين	العصور الجليدية	1920
ميلر، ستانلي	أصول الحياة	1952
نيوتن، إسحق	الجذب العام	1666
نيوتن، إسحق	قوانين الحركة	1687
هابل، إيدوين	الكون المتمدد	1926
هارفي، وليام	جهاز الدوران البشري	1628
هان، أوتو	الانشطار النووي	1939
هايزنبرغ، فيرنر	مبدأ اللادقة	1927
هَتون، جيمس	التعرية (تأثير الطقس)	1792
همبولت، أي. فون	تيار الخليج	1814
هوبكنز، فريدريك	الفيتامينات	1906
هوك، روبرت	الخلايا	1665
هيرشيل، فريدريك	الأشعة تحت الحمراء	1800
هيرشيل، وليام	المجرات	1750
هيس، هاري	انتشار قاع البحر	1957
هيلمهولتز، إتش. فون	حفظ الطاقة	1847

هيوش، أنتوني	النجم النابض	1967
واطسون، جيمس	DNA	1953
واطسون، جيمس	الجينوم البشري	2003
فالدر-هارتز، هينريك	الناقلات العصبية	1921
فيغنر، آلفريد	الانجراف القاري	1915
ويلر، جون	الثقب الأسود	1971
يوكاوا، هيديكي	القوة القوية	1937

الملحق رقم 3: الأربعون التالية

يعتبر هذا الجدول قائمة بالأربعين اكتشافاً مهماً ساهم تقريباً في بلورة قائمة المائة العظمى. كل منها يستحق الاعتبار و التشريف و الدراسة. انتق واحداً أو أكثر من هذه الاكتشافات للبحث و الوصف.

الاكتشاف	العالم المكتشف	السنة
الأرض دائرية	أرسطوطاليس	387ق.م.
السماوات ليست ثابتة و غير متغيرة	كبلر، يوهانيس	1609
طبيعة الضوء	غاليليو، نيوتن، يونغ،	سنوات مختلفة
قابلية الانضغاط للغازات	بويل	1688
ضغط دفع السائل	برنولي	1738
للشهب مدارات يمكن توقعها	هالي	1758
أصل النظام الشمسي	لابلاس	1796
كتلة الأرض	كافينديش	1798
سيولة الغازات	فاراداي	1818
بصمات الأصابع، فرادقما	بيركينجي	1823
الحث المغناطيسي	فاراداي	1831
عمر الشمس	هيلمهولتز	1853
الشمس عبارة عن غاز	كارينغتون	1859
عمر الأرض	ليل (أولاً)، هولمز (بدقة)	1860، 1940
المطهرات	ليستر	1863
اللدائن	هيات	1869
التيار المتناوب	تسلا	1883

علم البكتيريا	كوخ	1890
معاكسات الحقل المغناطيسي للأرض	برونهيز	1906
العلاج الكيميائي	إيرليخ	1906
الإشعاع الكوني	هيس	1911
المخطط الكهربائي للدماغ	بيرغر	1924
بكتيريا حمى المالطا (البروسيلا)	إيفانز	1925
مبدأ الاستثناء	باولي	1926
نيوترينو	باولي	1926
المجرات تبعث موجات راديوية	جانسكي	1932
النشاط الإشعاعي الاصطناعي	كوري و جوليو	1934
كورتيزون	كيندال	1935
عقاقير السلفا	دوماك	1936
العلاج الإشعاعي	بريو	1950
الليزر	تاونيز و غولد	1957/1954
ارتفاع حرارة الكرة الأرضية	العديد	أواخر القرن
أول استنساخ	غوردين	1967
آثار أقدام ليتولي (عمرها 3,5 مليون	ماري ليكي	1973
«لوسي» (جمجمة عمرها 3,2 مليون	دونالد جونسون	1974
حياة أعماق البحر غير المعتمدة على الأوكسجين	بالارد	1977
انقراض الديناصورات (كويكب	ألفاريز	1979
الفيروس الرجعي البشري HIV	غالو و مونتاغي	1982
جمجمة توامي (عمرها 6–7 ملايين	مايكل برونيت	2002

مصادر الترجمة

فيما يلي جملة من المصادر التي استندت إليها في إضفاء الهوامش على النص الأصلي المترجَم:

الكتب:

1. *A Dictionary of Science,* Oxford University Press, 2005.
2. Barbara Goldsmith: *Obsessive Genius- The Inner World of Marie Curie*, New York, W.W. Norton, 2005.
3. Comfort, Nathaniel C.: *The tangled field- Barbara McClintock's search for the patterns of genetic control*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 2001.
4. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*, W.B. Saunders Company, 1994.
5. Griffiths, David J.: *Introduction to Elementary Particles*, Wiley, John & Sons, Inc., 1987.
6. Holmes, Frederic Lawrence: *Antoine Lavoisier - The Next Crucial Year, or the Sources of his Quantitative Method in Chemistry*, Princeton University Press, 1998.\
7. Isaacson, Walter: *Benjamin Franklin, An American Life*, Simon & Schuster, 2003.
8. J. Steinberger: *Learning about Particle,* Springer, 2005.
9. K.W. Staley: *The Evidence for the Top Quark,* Cambridge University Press, 2004.
10. Lerner, K.L.; B.M. Lerner: *Martinus Willem Beijerinck from World of Microbiology and Immunology,* Florence, KY: Thomas Gage Publishing, 2002.

11. Messadie, Gerald: *Great Scientific Discoveries*, New York, Chambers, 2001.

12. Nader, Helen: *Rethinking the World. Discovery and Science in the Renaissance,* Bloomington, Indiana University Press, 2002.

13. Nancy E., and Samuel N. Namowitz: *Earth Science*, Boston: McDougal Littell, 2005.

14. Smyth, A. L.: *John Dalton,* 1766-1844*: A Bibliography of Works by and About Him, With an Annotated List of His Surviving Apparatus and Personal Effects*, 1998- Original edition published by Manchester University Press in 1966.

15. Sowell, Thomas: *The Einstein Syndrome- Bright Children Who Talk Late*, Basic Books, 2001.

16. Tai L. Chow: *Electromagnetic theory*. Sudbury MA: Jones and Bartlett, 2006.

17. Yuval, Neeman, and Yoram Kirsh: *The Particle Hunters*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.

المواقع الالكترونية:

1. http://order.ph.utexas.edu/chaos/
2. http://www.engscomp.com/solvnonlinearequ/indx.shtml
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
4. http://www.mawsoah.net
5. http://www.britannica.com/
6. http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/
7. http://www.bbc.co.uk/
8. http://www.aljazeera.net/
9. http://www.cerebromente.org.br/n14/mente/chaos.html

10. http://www.perkel.com/nerd/butterflyeffect.htm
11. http://www.jlab.org/publications/12GeV/02.html
12. http://www.cnn.com/
13. http://nobelprize.org/
14. http://www.abc.net.au/science/slab/dinobird/story.htm
15. http://www.amnh.org/
16. http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/home.shtml
17. http://www.superstringtheory.com/index.html
18. http://www.fordhamprep.org/gcurran/sho/sho/index.htm
19. http://www.millerandlevine.com/genome/ten.html
20. http://www.particle.kth.se/~fmi/kurs/PhysicsSimulation/index.html
21. http://www.madsci.org/posts/archives/1998-02/885340342.Ch.q.html
22. http://home.fnal.gov/~cheung/rtes/RTESWeb/LQCD_site/pages/index.htm
23. http://www.marxist.com/science/uncertaintyandidealism.html
24. http://library.thinkquest.org/11272/Ufo/ufoindex2.htm
25. http://www.ascssf.org.sy/arabicindex3.htm
26. http://art4jdu.com/vb/showthread.php?t=69
27. http://qasweb.org/qasforum/index.php?act=Print&client=choose&f=38&t=5307
28. http://www.uaecoins.net/vb/archive/index.php/f-84.html
29. http://quran.maktoob.com/vb/quran16688/

صدر عن الدار

- شرفنامه: الجزء الأول: في تاريخ الدول والإمارات الكردية، تأليف: الأمير شرف خان البدليسي، ترجمة: محمد علي عوني.
- شرفنامه: الجزء الثاني: في تاريخ سلاطين آل عثمان ومعاصريهم من حكام إيران وتوران، تأليف: شرف خان البدليسي، ترجمة: محمد علي عوني
- كان يا ما كان، قراءة في حكايات كردية، تأليف: نزار آغري.
- تل حلف والمنقب الأثري فون أوبنهايم، تأليف: ناديا خوليديس – لوتس مارتين، ترجمة: د. فاروق إسماعيل.
- حينما في العُلى، قصة الخليقة البابلية، الترجمة الكاملة للنص المسماري للأسطورة، الدكتور نائل حنون.
- مشاهير الكرد وكردستان في العهد الإسلامي 2/1، تأليف: العلامة المرحوم محمد أمين زكي بك، ترجمة: سانحة خانم، راجعه وأضاف إليه محمد علي عوني.
- القبائل الكردية في الإمبراطورية العثمانية، مارك سايكس، ترجمة: أ.د. خليل علي مراد، تقديم ومراجعة وتعليق: أ.د. عبد الفتاح علي البوتاني.
- هكذا عشت في سوريا، في شاغر بازار وتل براك وتل أبيض، مذكرات، أغاثا كريستي، ترجمة: توفيق الحسيني.
- القاموس المنير (Ferhenga Ronak)، كردي ـ عربي، إعداد: سيف الدين عبدو.
- اللغة كائن حي، رؤية ونظرة فكرية حول اللغة الكردية انموذجاً، د. آزاد حموتو.
- أسرة بابان الكردية، شجرتها التاريخية وتسلسل أجيالها، إعداد: إياد بابان.
- حقيقة السومريين، ودراسات أخرى في علم الآثار والنصوص المسمارية، تأليف: د. نائل حنون.
- اتجاهات الخطاب النقدي العربي وأزمة التجريب، د. عبد الواسع الحميري.
- خطاب الضدّ، مفهومه، نشأته، آلياته، مجالات عمله، د. عبد الواسع الحميري.
- تاريخ الإصلاحات والتنظيمات في الدولة العثمانية، تأليف: انكه لهارد، ترجمة: أ.د. محمود عامر.
- بلاد الشام في ظل الدولة المملوكية الثانية (دولة الجراكسة البرجية)، 1381 – 1517، تأليف: د. فيصل الشلّي.
- مم و زين، أحمد خاني، شرح وترجمة: جان دوست.
- العراق، دراسة في التطورات السياسية الداخلية، 14 تموز 1958 – 8 شباط 1963، أ.د. عبد الفتاح علي البوتاني.

- إسهام علماء كردستان العراق في الثقافة الإسلامية خلال القرنين الثالث عشر والرابع عشر الهجريين – الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين، د. محمد زكي البرواري.
- سعيد النورسي، حركته ومشروعه الإصلاحي في تركيا 1876-1960 م، د. آزاد سعيد سمو.
- الإيزيديون، نشأتهم، عقائدهم، كتابهم المقدس، توفيق الحسيني.
- عيد نوروز، الأصل التاريخي والأسطورة، إعداد: عبد الكريم شاهين.
- اليزيدية، دراسة في إشكالية التسمية، د. آزاد سمو.
- البخار الذهبي، شيركو بيكه س، المنتخبات الشعرية، ترجمة: مجموعة من الأدباء الكرد.
- تاريخ الأشوريين القديم، إيفا كانجيك – كيرشباوم، ترجمة: د. فاروق إسماعيل.
- تاريخ الإمارة البابانية 1784 – 1851 م، عبد ربه إبراهيم الوائلي.
- مشكلة الاتحاد والتعالي في عقيدة الشيخ محي الدين بن عربي، الأخضر قويدري.
- الكورد والأحداث الوطنية في العراق خلال العهد الملكي 1921-1958 م.
- التعددية الحزبية في الفكر الإسلامي الحديث، ديندار شفيق الدوسكي.
- الكورد والدولة العثمانية، موقف علماء كوردستان من الخلافة العثمانية في عهد السلطان عبد الحميد الثاني 1876 – 1909، د. محمد زكي البرواري.
- التصوف في العراق ودوره في البناء الفكري للحضارة الإسلامية، د. ياسين حسن الويسي.
- درامية النص الشعري الحديث، دراسة في شعر صلاح عبد الصبور وعبد العزيز المقالح، علي قاسم.
- مدن قديمة ومواقع أثرية، دراسة في الجغرافية التاريخية للعراق الشمالي، د. نائل حنون.
- الكرد وكردستان، أرشاك سافراستيان، ترجمة: د. أحمد محمود الخليل.
- دراسات في تاريخ الفكر السياسي الاسلامي، د. نزار قادر – د. نهلة شهاب أحمد
- الفلسفة الإسلامية، دراسات في المجتمع الفاضل والتربية والعقلانية، أ. د. علي حسين الجابري
- في آفاق الكلام وتكلم النص، د. عبد الواسع الحميري.
- تركيا وكوردستان العراق، الجاران الحائرن، تأليف: بيار مصطفى.
- الكورد وبلادهم، عند الرحالة والبلدانيين الاسلاميين، د. حكيم أحمد خوشناو.
- علم الترجمة، دراسات في فلسفته وتطبيقاته، مجموعة باحثين، ت: د. حميد العواضي.
- التجليات الفنية لعلاقة الأنا بالآخر في الشعر العربي المعاصر، د. أحمد السليماني.
- ضلالات إلى سليم بركات، نص طويل، حسين حبش.

قصة أعظم 100 اكتشاف علمي على مر الزمن

لِمَ دراسة الاكتشافات؟ لأن الاكتشافات تخطط لاتجاه تطور الإنسان وتقدمه. اكتشافات اليوم ستصوغ عالم الغد، والاكتشافات المهمة تحدد الاتجاهات التي يأخذ العلم بها، ما يؤمن العلماء به، والكيفية التي تتغير بها نظرتنا للعالم على مر الزمن. فاكتشاف اينشتاين للنسبية عام ١٩٠٥م غيّر فيزياء القرن العشرين تغييراً جذرياً من نوعه.

إن أهمية هذا الكتاب تكمن في تقديمه لكم هائل من المعلومات العلمية القيّمة في مجالات مختلفة (علوم الفيزياء والأرض والحياة) ضمن إطار أدبي قصصي ممتع وجذاب. فهو يحسسك بمعايشة أحداث كل قصة من قصص الاكتشافات المائة التي صاغت تفاصيل حياتنا المعاصرة ودخلت في صميم يومياتها وأحداثها، يسمح لك بالتعرف على شخوصها وأبطالها، والاطلاع على آرائهم ومواقفهم، وأحياناً آراء ومواقف غيرهم تجاههم. الأهم من كل ذلك، يريك مدى ما تحلّوا به من صبر وعزم ومثابرة على ما نَوَوا تحقيقه في مجالاتهم المختارة - دائما، وقابليتهم على اغتنام الفرص ببصيرة متقدة وتدبُّر مذهل صانعين صروحاً من الإنجازات الهائلة من أشياء كانت تافهة، أحياناً، وعديمة الجدوى بنظر غيرهم - أحياناً أخرى.

دار الزمان
للطباعة والنشر والتوزيع
صفحات للدراسات والنشر
ISBN 978-9933390543-9
9789933905439
تصميم الغلاف: م. جمال الأبطح